



Universidad de Cuenca Facultad de Ciencias Agropecuarias.

UNIVERSIDAD DE CUENCA



FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

Maestría en: Agroecología y Ambiente

Análisis multitemporal del uso del suelo de la Microcuenca del
Río Chacapata - Patococha, en base a fotografías aéreas de
los años 1989 y 2000

Tesis previa a la obtención del Título de Magíster en Agroecología y
Ambiente

Autor: Marco Vinicio Morocho Tenezaca

Director: Ing. M.Sc. Víctor Omar Delgado Inga

Cuenca – Ecuador

2013

Tema: Análisis multitemporal del uso del suelo de la Microcuenca del Río Chacapata - Patococha,
en base a fotografías aéreas de los años 1989 y 2000

Autor: Marco Morocho Tenezaca



RESUMEN

TÍTULO: " Análisis multitemporal del uso del suelo de la Microcuenca del Río Chacapata - Patococha, en base a fotografías aéreas de los años 1989 y 2000"

La microcuenca del río Chacapata, ubicada en las parroquias Cañar, Chorocopte y Gualleturo, del cantón y provincia de Cañar. El objetivo del estudio fue realizar un análisis multitemporal del uso del suelo de la microcuenca Chacapata-Patococha, a fin de establecer mecanismos alternativos para la defensa y protección de las fuentes hídricas.

Para el análisis de cambio de uso del suelo fueron realizados en el Sistema de Información Geográfica (SIG), utilizando fotografías aéreas de la zona de estudio, determinándose que existe cambios en la disminución de páramo entre el año 1989 y 2000, y un aumento de áreas con vegetación arbustiva. A través de la matriz de dinámica de cambios se determinó que las categorías como páramo, cuerpos de agua, vegetación arbustiva y bosque natural, se conserva en el mismo tipo de cobertura vegetal, se deben a que estas categorías no han cambiado hacia otra en cantidades significativas en el periodo de 11 años.

En la identificación de impactos ambientales se procedió a revisión y análisis bibliográfico, recopilación de información secundaria y levantamiento de información de campo en el sitio, basado en observación directa. En la matriz de interacción, se encontró que los factores ambientales más afectados por las actividades desarrolladas en la microcuenca son: suelo, agua, flora y fauna; siendo la principal causa de la degradación las actividades agropecuarias. Se realizó la propuesta de manejo ambiental que consta de dos programas y seis proyectos que permiten conservar, proteger, recuperar y restaurar el ecosistema actual.

Palabras Claves: microcuenca, multitemporal, SIG, fotografías aéreas.



ABSTRACT

The watershed of the river Chacapata located in the parishes Cañar, Chorocopte and Gualleturo, which belong to the canton and province of Cañar. The aim of the study was to conduct a multitemporal analysis of land use in the watershed Chacapata - Patococha in order to establish alternative arrangements for the defense and protection of water sources.

The analysis of changes in land use were made in the Geographic Information System (GIS), using aerial photographs of the study area, determining that there are changes in the decline of desert between 1989 and 2000, and an increase of areas with shrubby vegetation. Through the dynamic matrix of changes was determined that the categories as wasteland, water bodies, shrubby vegetation and natural forest are preserved in the same type of vegetation cover since these categories have not changed in significant quantities at the 11-year period.

In identifying environmental impacts, a review and literature analysis, collection of secondary data and field gathering information on the site, based on direct observation were conducted. In the interaction matrix, it was found that environmental factors most affected by the activities in the watershed are: soil, water, flora and fauna being the main cause of degradation of agricultural activities. The proposed environmental management which consists of two programs and six projects that preserves, protects, recovers and restores the current ecosystem was carried out.

Keywords: watershed, multitemporary, SIG, aerial photographs.



ÍNDICE GENERAL

Página

I.- INTRODUCCIÓN	11
1.1. Planteamiento del problema	13
1.2. Justificación e importancia del estudio	14
1.3. Objetivos	15
1.3.1. Objetivo general	15
1.3.2. Objetivos específicos	15
II.- MARCO TEÓRICO	16
2.1. Conceptualización	16
2.1.1. Análisis multitemporal	16
2.1.2. Fotografías aéreas	17
2.1.2.1. Información incluida en los márgenes de las fotos	18
2.1.2.2. Ortofotos	19
2.1.3. Clasificación Supervisada	21
2.1.4. Cuenca hidrográfica	22
2.1.4.1. Manejo de cuencas hidrográficas	23
2.1.5. Cobertura del suelo	24
2.1.6. Impacto Ambiental.	24
2.1.7. Evaluación del impacto ambiental	25
2.1.7.1. Matriz de Leopold	25
2.1.8. Propuesta de manejo ambiental	26
III.- METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	28
3.1. Ubicación Geográfica de la microcuenca Chacapata	28
3.2. Ubicación del área de estudio	29
3.3. Etapas de la investigación	31
3.3.1. Análisis de cambio de uso del suelo con fotografías aéreas	31
3.3.1.1. Fase preparatoria	31
3.3.1.2. Fase de ejecución	34
3.3.1.2.1. Delimitación del área de estudio	34



3.3.1.2.2. Determinación de leyenda temática	35
3.3.1.2.3. Ortorectificación de Fotografías Aéreas	36
3.3.1.2.4. Generación de coberturas	40
3.3.1.3. Fase de validación	43
3.3.1.3.1. Validación de la información	43
3.3.1.3.2. Comprobación de campo	43
3.3.1.3.3. Elaboración de mapas definitivos	44
3.1.3.4. Evaluación de la dinámica multitemporal en los dos periodos de tiempo (1989 y 2000)	45
3.3.2. Identificación y determinación de los impactos que genera el cambio de uso del suelo	45
3.3.3. Propuesta de Manejo Ambiental	46
IV.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN	48
4.1. Análisis multitemporal del uso del suelo con fotografías aéreas	48
4.1.1. Mapa base	48
4.1.2. Elaboración de mapa de usos del suelo y cobertura vegetal	48
4.1.3. Análisis de cambio de uso del suelo de la microcuenca	50
4.1.4. Dinámica multitemporal del uso del suelo y cobertura vegetal del año 1989 y 2000	53
4.1.4.1. Bosque Natural	56
4.1.4.2. Cuerpos de agua	56
4.1.4.3. Cultivos	56
4.1.4.4. Páramo	56
4.1.4.5. Pastos	57
4.1.4.6. Suelo sin vegetación	57
4.1.4.7. Vegetación arbustiva	57
4.2. Identificación y determinación de los Impactos que genera el	58



Universidad de Cuenca **Facultad de Ciencias Agropecuarias.**
cambio de uso del suelo

4.2.1. Caracterización biofísica de la microcuenca Chacapata	58
4.2.1.1. Biogeografía y zonas de vida	58
4.2.1.2. El páramo y su realidad	59
4.2.1.3. Hidrografía	60
4.2.1.4. Suelos	62
4.2.1.5. Clima	62
4.2.1.6. Flora	63
4.2.1.7. Fauna	64
4.2.2. Problemas ambientales que afrontan los páramos de la microcuenca Chacapata-Patococha	64
4.2.3. Evaluación de Impactos Ambientales	68
4.3. Propuesta de Manejo Ambiental	73
4.3.1. Objetivos de la Propuesta de Manejo Ambiental	73
4.3.1.1. Objetivo General de la Propuesta de Manejo Ambiental	73
4.3.1.2. Objetivos específicos de la Propuesta de Manejo Ambiental	73
4.3.2. Formulación de Programas y Proyectos	74
4.3.2.1. Programa de Protección y Conservación de los ecosistemas frágiles	75
4.3.2.1.1. Proyecto de restauración ecológica de los ecosistemas de páramo	76
4.3.2.1.2. Proyecto de Restauración y protección de humedales	78
4.3.2.1.3. Proyecto de Aislamiento de márgenes de corrientes hídricas	79
4.3.2.1.4. Proyecto de Protección y mejoramiento de la calidad del agua	81
4.3.2.2. Programa de Coordinación y Gestión	82
4.3.2.2.1. Proyecto de Compensación por servicios ambientales	83



4.3.2.2.2. Proyecto de Compra de predios en áreas de importancia estratégica	85
V.- CONCLUSIONES	87
VI.- RECOMENDACIONES	89
VII.- REFERENCIASBIBLIOGRÁFICAS	90
VIII.- ANEXOS	94
Anexo 1. Mosaico de las fotografías aéreas	94
Anexo 1.1. Ortofotomosaico del año 1989	94
Anexo 1.2. Ortofotomosaico del año 2000	95
Anexo 2. Mapa base del área de estudio	96
Anexo 3. Mapas de Uso del Suelo	97
Anexo 3.1. Mapa de Uso del Suelo año1989	97
Anexo 3. 2. Mapa de Uso del Suelo año 2000	98
Anexo 4. Mapas de Cambio y Conservación de uso del suelo	99
Anexo 4.1. Mapa de Cambios de Uso del suelo entre 1989 y 2000	99
Anexo 4.2. Mapa de Conservación entre 1989 y 2000	100
Anexo 5. Formulario de la Entrevista	101
Anexo 6. Matriz de Evaluación de Impactos Ambientales	103
Anexo 7. Fotográfico	104
 ÍNDICE DE CUADROS Y FIGURAS	 Página
Cuadro 3.1 Materiales Cartográficos y de gabinete	32
Cuadro 3.2. Marcas fiduciales aplicadas en las fotografías aéreas	37
Cuadro 4.1. Puntos de control utilizadas en la ortorectificación de las fotografías aéreas	49
Cuadro 4.2. Superficie de las unidades de uso del suelo 1989	51
Cuadro 4.3. Superficie de las unidades de uso del suelo 2000	52
Cuadro 4.4. Dinámica de cambios de cobertura y uso del suelo 1989 –	54



2000 en (Hectáreas)

Cuadro 4.5. Dinámica de cambios de cobertura y uso del suelo 1989-2000 en porcentaje (%)	55
Cuadro 4.6. Problemas ambientales en la microcuenca Chacapata	65
Cuadro 4.7. Algoritmo para valorar magnitud e importancia	70
Cuadro 4.8. Programas y Proyectos	74
Figura 3.1 Ubicación de la microcuenca del río Chacapata	28
Figura 3.2 Ubicación del área de estudio	30
Figura 3.3 Fotografías Aéreas para la zona de estudio año 1989	33
Figura 3.4 Fotografías Aéreas para la zona de estudio año 2000	34
Figura 3.5 Límite de microcuenca Chacapata en Google Earth	38
Figura 3.6 Vista del módulo Data preparation	39
Figura 3.7 Interfaz de clasificación supervisada software ENVI	40
Figura 3.8 Clasificación supervisada mosaico 1989	41
Figura 3.9 Clasificación supervisada mosaico 2000	41
Figura 3.10 Ilustración de herramienta Majority/Minority Parameters	42
Figura 3.11 Ilustración de herramienta Decision Tree	42
Figura 4.1. Distribución de las superficies por categorías y por año	53
Figura 4.2. Red hídrica de la microcuenca del río Chacapata	61

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Página

Foto N.1. Área de estudio	104
Foto N.2. Pastos	105
Foto N.3. Infraestructura vial y vegetación nativa	106
Foto N.4. Cultivos	107
Foto N.5. Cultivos en laderas	108
Foto N.6. Cuerpos de Agua-Embalses	109
Foto N.7. Bosque plantado	110



Universidad de Cuenca

Facultad de Ciencias Agropecuarias.



UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

Yo, **Marco Vinicio Morocho Tenezaca**, autor de la tesis "Análisis multitemporal del uso del suelo de la Microcuenca del Río Chacapata - Patococha, en base a fotografías aéreas de los años 1989 y 2000", reconozco y acepto el derecho de la Universidad de Cuenca, en base al Art. 5 literal c) de su Reglamento de Propiedad Intelectual, de publicar este trabajo por cualquier medio conocido o por conocer, al ser este requisito para la obtención de mi título de Magíster en Agroecología y Ambiente. El uso que la Universidad de Cuenca hiciere de este trabajo, no implicará afección alguna de mis derechos morales o patrimoniales como autor.

Cuenca, 17 de enero de 2014

Marco Vinicio Morocho Tenezaca
0301812640

Cuenca Patrimonio Cultural de la Humanidad. Resolución de la UNESCO del 1 de diciembre de 1999

Av. 12 de Abril, Ciudadela Universitaria, Teléfono: 405 1000, Ext.: 1311, 1312, 1316

e-mail cdjbv@ucuenca.edu.ec casilla No. 1103

Cuenca - Ecuador



Universidad de Cuenca

Facultad de Ciencias Agropecuarias.



UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

Yo, Marco Vinicio Morocho Tenezaca, autor de la tesis "Análisis multitemporal del uso del suelo de la Microcuenca del Río Chacapata - Patococha, en base a fotografías aéreas de los años 1989 y 2000", certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor/a.

Cuenca, 17 de enero de 2014

Marco Vinicio Morocho Tenezaca
0301812640

Cuenca Patrimonio Cultural de la Humanidad. Resolución de la UNESCO del 1 de diciembre de 1999

Av. 12 de Abril, Ciudadela Universitaria, Teléfono: 405 1000, Ext.: 1311, 1312, 1316

e-mail cdjbv@ucuenca.edu.ec casilla No. 1103

Cuenca - Ecuador



I. INTRODUCCIÓN

Las microcuencas son ecosistemas de gran importancia para el equilibrio ecológico; dentro de lo que se encuentra la disponibilidad de agua como uno de los elementos más importantes para la vida, no obstante, son vulnerables al desequilibrio por diferentes factores como: cambio climático, e intervención antrópica, los cuales han influido negativamente disminuyendo las coberturas vegetales dejando al suelo descubierto.

La importancia de estos ecosistemas, en principal el área de estudio, radica en la formación de caudales que abastecen al centro urbano del Cantón Cañar y a las comunidades rurales de la misma, además de permitir el desarrollo tanto de fauna como de flora, convirtiendo a este ecosistema en particular y único.

Debido a la importancia de estos ecosistemas, se motivó a la realización de un análisis multitemporal del uso del suelo de la Microcuenca Chacapata-Patococha, con el objetivo de detectar los cambios que se han ocurrido en un periodo de 11 años, reconocer los principales impactos ambientales, y a través de este proponer un manejo ambiental que permitan coadyuvar a la protección y conservación de los ecosistemas frágiles.

El análisis multitemporal permite detectar cambios entre dos fechas de referencia, deduciendo la evolución del medio natural o las repercusiones de la acción humana sobre ese medio (Chuvienco, 1990). El uso de las fotografías aéreas para este caso en el siguiente trabajo permitirá observar el tipo de ocupación existente sobre el suelo, ya sea vegetación natural, cultivos agrícolas, entre otros; y detectar los cambios que existan a lo largo del tiempo, permitiendo cuantificar la disminución de la vegetación natural del área de estudio. Este análisis constituye



Universidad de Cuenca **Facultad de Ciencias Agropecuarias.**

un importante aporte de información sobre los cambios ocurridos en la cobertura y uso del suelo en la microcuenca Chacapata, ya que lo generado en este estudio permitirá a las Instituciones como un instrumento que apoye la toma de decisiones en la planeación del desarrollo futuro de la zona.



1.1. Planteamiento del problema

En la microcuenca Chacapata-Patococha es clara la influencia de factores de tipo antrópico, que inciden en el cambio de uso del suelo y paulatinamente en los páramos, originando pérdida de biodiversidad, disminución de la cobertura vegetal, disminución de caudales; en consecuencia, cambio en el ecosistema.

El decrecimiento de la cobertura vegetal disminuye el caudal de agua disponible en las vertientes de la microcuenca, debido a que la destrucción de los páramos altera las características del suelo de infiltrar y almacenar agua, por lo tanto la población cada vez tiene mayores problemas de escasez de agua para riego y consumo humano.

La vegetación de páramo existente en la microcuenca requiere medidas de protección y conservación debido a que se constituye en un ecosistema importante para el Cantón Cañar, ya que de ella depende el abastecimiento de agua para la zona urbana y al sistema de riego Patococha, que suministra a 15 comunidades y 4 cooperativas agropecuarias.

Ante esta situación suscita la pregunta.

¿Cuáles son las causas de la degradación de la microcuenca del río Chacapata?



1.2. Justificación e importancia del estudio

La importancia de esta investigación radica en el análisis de cambios de uso del suelo en el área de la microcuenca Chacapata-Patococha, ya que con el paso del tiempo se ha generado un deterioro del ecosistema, trayendo como consecuencia la disminución del caudal, ampliación de la frontera agrícola y pérdida de la cobertura vegetal nativa; además se ha considerado que resulta muy necesario contar con información cartográfica temática y preliminar como una línea base para la ejecución de futuros proyectos ambientales, sociales, productivos y económicos, que en conjunto lleven a un manejo integral de la microcuenca. También se ha valorado la importancia de la conservación y protección de los páramos para asegurar a la población la disponibilidad de agua para riego y consumo humano.

Por estas razones se aplicó la utilidad de las herramientas geográficas existentes, como las fotografías aéreas y los Sistemas de Información Geográficas, para realizar un análisis que permitan detectar los cambios que han generado en un periodo de 11 años en la microcuenca del Río Chacapata.

Dentro de la metodología se incluye un estudio multitemporal del uso del suelo, la identificación de impactos ambientales y a través de ello proponer un manejo ambiental que contribuyan a la protección y conservación de las fuentes hídricas.



1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Realizar un Análisis Multitemporal del uso del suelo de la microcuenca del Río Chacapata-Patococha, a fin de establecer mecanismos alternativos para la defensa y protección de las fuentes hídricas.

1.3.2. Objetivos específicos

Establecer las tendencias del cambio de uso del suelo (detección de cambios) en la zona de estudio entre los años 1989 – 2000.

Identificar y determinar los impactos que genera el cambio del uso del suelo del área de estudio.

Elaborar una propuesta de manejo ambiental que permitan coadyuvar a la protección y conservación de las fuentes hídricas.



II. MARCO TEÓRICO

2.1. Conceptualización

2.1.1. Análisis multitemporal

El análisis multitemporal permite detectar cambios entre dos fechas de referencia, deduciendo la evolución del medio natural o las repercusiones de la acción humana sobre ese medio (Chuvieco, 1990).

Los estudios multitemporales son llevados a cabo con el objeto de detectar cambios entre dos o más fechas de referencia, deduciendo de ahí la evolución del medio natural o las repercusiones de la acción humana sobre el medio, y planeando, las medidas adecuadas para evitar su deterioro o asegurar su mejor conservación. *“El objetivo de los estudios multitemporales es encontrar una forma de combinar o integrar en el proceso varias imágenes correspondientes a diferentes fechas”* (González et al., 1992).

Otro aprovechamiento del análisis multitemporal implica el estudio del dinamismo temporal de una determinada zona: espacios urbanos, forestales, áreas de agricultura, entre otros. También permite evaluar fenómenos como inundaciones, incendios forestales, deforestación, así como seguir la evolución de sus efectos (Chuvieco 1990).



2.1.2. Fotografías aéreas

Son imágenes de la superficie terrestre obtenidas por sensores a bordo de un vehículo aéreo (avión tripulado operando a gran altura, aviones ligeros teledirigidos, globos aerostáticos, helicópteros, dirigibles, etc.) (Pérez, 2013).

Los diversos usos de la fotografía aérea han aumentado su importancia en los últimos años. Actualmente la fotografía aérea se utiliza como medio de información y de ayuda a la ciencia y a la tecnología. Con ellas los científicos analizan los efectos de la erosión del suelo, observan el crecimiento de los bosques, gestionan cosechas o ayudan a la planificación y el crecimiento de las ciudades entre muchas otras. (Polanco, 2006)

Las fotografías aéreas son de muchos tipos, pero las comúnmente empleadas satisfacen una serie de especificaciones bastante uniformes. Por lo general tienen la forma de un cuadrado de 23 cm. por lado, y se toman con la cámara dirigida verticalmente desde un aeroplano que cubre en su vuelo fajas paralelas en dirección a uno de los puntos cardinales. Se toman fotografías sucesivas en cada faja, de modo que cada una de aquellas cubra el 60 por ciento del área cubierta por la exposición anterior. Este solapamiento es necesario para la visión estereoscópica y para la triangulación fotográfica. Por lo general, las fajas contiguas se solapan en los bordes (solapamiento lateral) aproximadamente el 30%. Las especificaciones más importantes en los estudios sobre vegetación y uso de la tierra son: (1) la fecha, (2) la escala, (3) la distancia focal de la cámara, (4) la estación, (5) la hora del día, y (6) la combinación de película y filtro que se han empleado. (SPURR, 1948).



Resolución Geométrica

La resolución de escaneado tiene influencia en la precisión del trabajo. La conversión de dpi a tamaño de pixel puede hacerse mediante la siguiente fórmula: tamaño de pixel [μm] = 25400/resolución [dpi].

La siguiente tabla ilustra la relación entre la resolución de escaneado (en dpi o en μm), el tamaño de la imagen (en MB) (escala de gris/8 bits), la escala, y la resolución geométrica (tamaño de pixel en el terreno) resultante: (Linder, 2009).

Resolución [dpi]	150	300	600	1200
Resolución [μm]	169,33	84,67	42,33	21,17
Tamaño de pixel [MB]	2	8	32	128
Escala de la imagen				
1: 5000	0,847 m	0,423 m	0,212 m	0,106 m
1:10000	1,693 m	0,847 m	0,423 m	0,212 m
1:15000	2,540 m	1,270 m	0,635 m	0,317 m
1:20000	3,386 m	1,693 m	0,846 m	0,424 m
1:25000	4,233 m	2,117 m	1,058 m	0,529 m
1:30000	5,080 m	2,540 m	1,270 m	0,634 m
1:40000	6,772 m	3,386 m	1,693 m	0,846 m
1:50000	8,466 m	4,234 m	2,116 m	1,059 m
Tamaño de pixel en unidades terreno				

2.1.2.1. Información incluida en los márgenes de las fotos

- **Marcas fiduciales:** Marcas ubicadas en los bordes o esquinas de las fotos. Su unión determina el punto principal de la foto.
- **Punto principal:** Intersección del eje óptico de la cámara con la foto. Es el centro geométrico de la foto.



Universidad de Cuenca Facultad de Ciencias Agropecuarias.

- **Punto principal transferido:** Al estar solapadas las fotografías el punto principal de una foto aparecerá también en el lateral de la foto adyacente. Por lo tanto, una foto tendrá tres puntos principales: uno central y dos transferidos.
- **Línea de vuelo:** Es la línea que une el punto principal y los dos transferidos. Si los tres puntos no están en línea, el avión ha tenido un cambio de dirección.

2.1.2.2. Ortofotos

Una ortofoto es una fotografía aérea planimétricamente corregida. Tienen una escala uniforme y unas geometrías reales (Pérez, 2013).

La ortofoto es una imagen fotográfica del terreno y el producto cartográfico obtenido se genera a partir de fotografías aéreas. Para la elaboración de la ortofoto es necesario seguir una serie de pasos que se inicia con la obtención de las fotografías seguido de los procesos de foto control, aerotriangulación, restitución, cuya proyección central ha sido transformada en una proyección ortogonal, correlación, generación y edición del modelo digital del terreno, ortorectificación y edición de las mismas. La ortofoto puede utilizarse en todas las actividades donde se emplean fotografías aéreas y cartografía sistemática o regular, con la ventaja de lograrse una gran exactitud planimétrica que permite efectuar estudios monotemáticos¹.

Una ortofoto es una fotografía o un conjunto de fotografías (mosaico) cuyas imágenes de los objetos se encuentran en su verdadera posición planimétrica. Esto se logra mediante un proceso denominado rectificación diferencial, en el cual se eliminan los efectos de la inclinación y del desplazamiento por relieve, propios a las fotografías, y de la perspectiva que ésta genera. Por esto, las ortofotos son

¹ <http://cartomap.cl/utfsm/Texto-Topografia/Cap%2009%20Ortofoto.pdf>



equivalentes a los mapas de líneas en lo referente a su precisión geométrica. Por lo tanto es posible realizar mediciones exactas, al contrario que sobre una fotografía aérea simple, que siempre presentará deformaciones causadas por la perspectiva desde la cámara, la altura o la velocidad a la que se mueve la cámara. A este proceso de corrección digital se le llama ortorectificación. Por lo tanto, una ortofoto combina las características de una fotografía aérea con las propiedades geométricas de un plano. Podríamos decir que una ortofotografía es una fotografía geoméricamente correcta, es una fotografía adaptada a la superficie de la tierra². Una ortoimagen (ortofoto digital) es una imagen digital transformada que muestra en proyección ortogonal la escena fotografiada. La transformación de una imagen fotográfica en ortoimagen supone el paso de una proyección perspectiva a una proyección ortogonal. Este proceso se denomina *rectificación diferencial*. La rectificación diferencial elimina el desplazamiento imagen producido por la inclinación de la imagen fotográfica (a este proceso se denomina *rectificación*, vid. Apartado 2.5.3) y por el efecto orográfico (de la superficie del terreno/objeto) (Lerma, 2002).

Una ortoimagen es geoméricamente equivalente a un plano/mapa (planimétrico). Consecuentemente, la ortoimagen permite medir ángulos, distancias y áreas del mismo modo que hacemos con los planos/mapas, a pesar de que la información no está inicialmente discretizada (ni con símbolos) (Lerma, 2002).

Las ortoimágenes permiten extraer información georeferenciada mediante procesos mucho más rápidos que los requeridos en la generación de la cartografía vectorial. Esta característica es fundamental en tareas que requieren el análisis y la toma de decisiones urgentes. Adicionalmente, las ortoimágenes pueden utilizarse como soporte de información métrico-documental abierta a futuros

² <http://www.fotosuy.com/index.php/ortorectificacion>



Universidad de Cuenca Facultad de Ciencias Agropecuarias.

usuarios, i.e. estos pueden digitalizar y actualizar a su gusto el contenido de las bases de datos cartográficos y temáticos (Lerma, 2002).

2.1.3. Clasificación Supervisada

Esta es realizada por un operador que define las características espectrales de las clases, mediante la identificación de áreas de muestreo (áreas de entrenamiento). Se requiere también que el operador esté familiarizado con el área de interés (Chuvieco, 2002).

Este método se basa en identificar zonas o sectores donde se conoce con certeza el tipo de vegetación o unidad existente (nubes, cuerpos de agua, nieve, bosques húmedos, entre otros) o donde se puede identificar una diferencia sustancial de la cobertura; posteriormente se toman “muestras” de los valores espectrales presentes en ese sitio.

Este primer paso se conoce como “entrenamiento del equipo” y sirve para que el programa busque los valores espectrales similares a los de las “semillas” en el resto de la imagen.

La selección de las muestras o semillas es de vital importancia dentro de este proceso, ya que dependiendo de los valores espectrales seleccionados, el software procede a evaluar el resto de la imagen. Se toma entre 5 y 10 muestras por unidad de vegetación en distintos lugares de la imagen, asegurando de esta manera que la muestra sea representativa.

El programa permite la selección de la muestra tomando en cuenta varios parámetros: selección de una superficie máxima (sea por número de píxeles, o por unidad de superficie), una distancia desde el punto de toma de la muestra o basado en un rango de variación entre los valores espectrales.



Una vez seleccionadas todas las muestras de las unidades, el software, basado en un algoritmo matemático (Regla de decisión) clasifica los píxeles de la imagen en las diferentes clases definidas.

Pueden existir varias “muestras” para un mismo tipo de unidad (por ejemplo, las muestras “nubes1”, “nubes2”, “nubes3”); la razón se basa en los distintos valores espectrales que pueden presentar estas clases dentro de la imagen a pesar de representar la misma unidad.³

El método supervisado parte de un cierto conocimiento de la zona de estudio, adquirido por experiencia previa o por trabajos de campo. Esta mayor familiaridad con el área de interés permite al intérprete delimitar sobre la imagen unas áreas suficientemente representativas de cada una de las categorías que componen la leyenda. Estas áreas se denominan, en la bibliografía anglosajona, *training fields* (áreas de entrenamiento). El término indica que tales áreas sirven para entrenar al programa de calificación en el reconocimiento de las distintas categorías (Chuvieco, 2010).

2.1.4. Cuenca hidrográfica

Una cuenca hidrográfica es un área natural en la que el agua proveniente de la precipitación forma un curso principal del agua. La cuenca hidrográfica es la unidad fisiográfica conformada por el conjunto de los sistemas de cursos de agua definidos por el relieve (Ramakrishna, 1997).

Según la FAO, (2002), se define la cuenca hidrográfica como el área delineada topográficamente que resulta drenada por un sistema de corrientes de agua. La

³http://www.bosquesandinos.info/ECOBONA/documentos/actualizacion_plan_archidona/unir/Metodologia%20Cobertura%20Vegetal.pdf



Universidad de Cuenca Facultad de Ciencias Agropecuarias.

cuenca es considerada como una unidad físico-biológica, socioeconómica y cultural, para conservar, planificar y manejar los recursos naturales en general y los hídricos en especial.

Los límites de la cuenca se definen naturalmente y en forma práctica por una divisoria topográfica que corresponde a las partes más altas del área que encierran un río. CAMAREN, (2002).

La cuenca se divide en subcuencas y microcuencas. El área de la subcuenca está delimitada por la divisoria de aguas de un afluente, que forma parte de otra cuenca, que es la del cauce principal al que fluyen las aguas. La microcuenca es una agrupación de pequeñas áreas de una subcuenca o de parte de ella (Ramakrishna 1997).

2.1.4.1. Manejo de cuencas hidrográficas

El objetivo primordial del manejo de una cuenca es alcanzar un uso verdaderamente racional de los recursos naturales, es especial el agua, el bosque y el suelo, considerando al ser humano y a la comunidad como el agente protector o destructor (Ramakrishna 1997).

El manejo de cuencas consiste en aprovechar y conservar los recursos naturales en función de las necesidades del ser humano, para que pueda alcanzar una adecuada calidad de vida en armonía con su medio ambiente. Se trata de hacer un uso apropiado de los recursos naturales para el bienestar de la población, teniendo en cuenta que las generaciones futuras tendrán necesidad de esos mismos recursos, por lo que se deben conservar en calidad y cantidad (Ramakrishna 1997).



Universidad de Cuenca Facultad de Ciencias Agropecuarias.

La cuenca, microcuenca o subcuenca son las unidades de planificación y análisis, mientras que la finca o conjunto de fincas son las unidades de intervención y manejo. Por otra parte, se debe tener en cuenta que los procesos de intervención humana en las cuencas, implican graves problemas y que las condiciones del uso de la tierra, tienen que ver con el manejo, de modo que previamente hay que restaurar las condiciones de producción. Por esta razón, la modalidad de intervención más frecuente es la rehabilitación de los recursos naturales, en función del desarrollo de los sistemas locales de producción y conservación (Ramakrishna 1997).

2.1.5. Cobertura del suelo

Este término engloba un amplio rango de aplicaciones. Por cobertura del suelo entendemos el tipo de ocupación existente sobre él, ya sea ésta vegetación natural, cultivos agrícolas o espacios urbanos. Este tipo de cartografía resulta básica en la planificación del territorio, ya que es preciso conocer la dedicación actual de terreno para proponer cualquier mejora (Chuvieco, 2010).

2.1.6. Impacto Ambiental.

Es una alteración o modificación resultante de la confrontación entre un ambiente dado y un proceso productivo, de consumo o de un proyecto de infraestructura. Siempre debe estudiarse desde una perspectiva interdisciplinaria que permita comprender de manera integral las múltiples interacciones de procesos biofísicos y sociales (Challenger, 2003).

El término impacto se aplica a la alteración que introduce una actividad humana en su entorno; éste último concepto identifica la parte del medio ambiente afectada por la actividad, o más ampliamente, que interacciona con ella (Gómez, 1997).



2.1.7. Evaluación del impacto ambiental

La evaluación de impacto ambiental es el proceso de determinación de impactos ambientales ocasionados por las diversas actividades de un proyecto. Estos pueden ser positivos o negativos y de diferente importancia y magnitud. El objetivo último de esta evaluación consiste en el desarrollo de un plan de gestión que permita prevenir, controlar, eliminar o mitigar los impactos negativos identificados, y maximizar los positivos.

2.1.7.1. Matriz de Leopold

La matriz fue diseñada para la evaluación de impactos asociados con casi cualquier tipo de proyecto. Su utilidad principal es como lista de chequeo que incorpora información cualitativa sobre relaciones causa efecto, pero también es de gran utilidad para la presentación ordenada de los resultados de la evaluación. Previo a la realización de esta evaluación se debe de hacer un Análisis del Ciclo de Vida del proyecto o actividad. El método de Leopold está basado en una matriz con las actividades que pueden causar impacto al ambiente del proyecto ordenadas en columnas y los posibles aspectos e impactos ordenados en filas según la categoría (ambiente físico-biológico, socioeconómico).

En cada celda habrá dos números con rango del 1 al 10, el primero es la magnitud del impacto y el segundo será la importancia. La valoración es principalmente cualitativa, basada en criterios de expertos y en investigaciones previas sobre el tema.⁴

Para la utilización de la Matriz de Leopold, el primer paso consiste en la identificación de las interacciones existentes, para lo cual, se deben tomar en

⁴ <http://www.comprasresponsables.org/adjuntos/Matriz-de-Leopold.pdf>



Universidad de Cuenca **Facultad de Ciencias Agropecuarias.**

cuenta todas las actividades que pueden tener lugar debido al proyecto. Se recomienda operar con una matriz reducida, excluyendo las filas y las columnas que no tienen relación con el proyecto. Posteriormente y para cada acción, se consideran todos los factores ambientales que puedan ser afectados significativamente, trazando una diagonal en las cuadrículas donde se interceptan con la acción. Cada cuadrícula marcada con una diagonal admite dos valores:

Magnitud: *valoración del impacto o de la alteración potencial a ser provocada; grado, extensión o escala;* se coloca en la mitad superior izquierda. Hace referencia a la intensidad, a la dimensión del impacto en sí mismo y se califica del 1 al 10 de menor a mayor, anteponiendo un signo + para los efectos positivos y - para los negativos.

Importancia: *valor ponderal, que da el peso relativo del potencial impacto,* se escribe en la mitad inferior derecha del cuadro. Hace referencia a la relevancia del impacto sobre la calidad del medio, y a la extensión o zona territorial afectada, se califica también del 1 al 10 en orden creciente de importancia.⁵

2.1.8. Propuesta de manejo ambiental

Es el instrumento de planificación que orienta a un buen uso, manejo y gestión de los recursos de un área natural hacia el logro de sus objetivos de preservación y conservación, a partir de propuestas de largo, mediano y corto plazo enmarcado en realidades naturales, socioculturales, dinámicas territoriales y de desarrollo en la que se encuentra inmersa el área.

La propuesta de manejo ambiental de una cuenca hidrográfica considera estrategias y directrices donde se definen políticas integrales, por lo que toma en

⁵ <http://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/6830/04LagI04de09.pdf>.



Universidad de Cuenca Facultad de Ciencias Agropecuarias.

cuenta los recursos naturales de tal forma que el aprovechamiento de los mismos nos garantice el bienestar social y el equilibrio de los ecosistemas.

Una propuesta de manejo ambiental requiere ubicar y definir la relación espacial entre los recursos y los usos actuales ya que esto ayuda a definir la línea estratégicas que son la base sobre la cual se puede planificar las actividades para cumplir con los objetivos planteados y a su vez medir el avance (Cisneros et al.,2000).

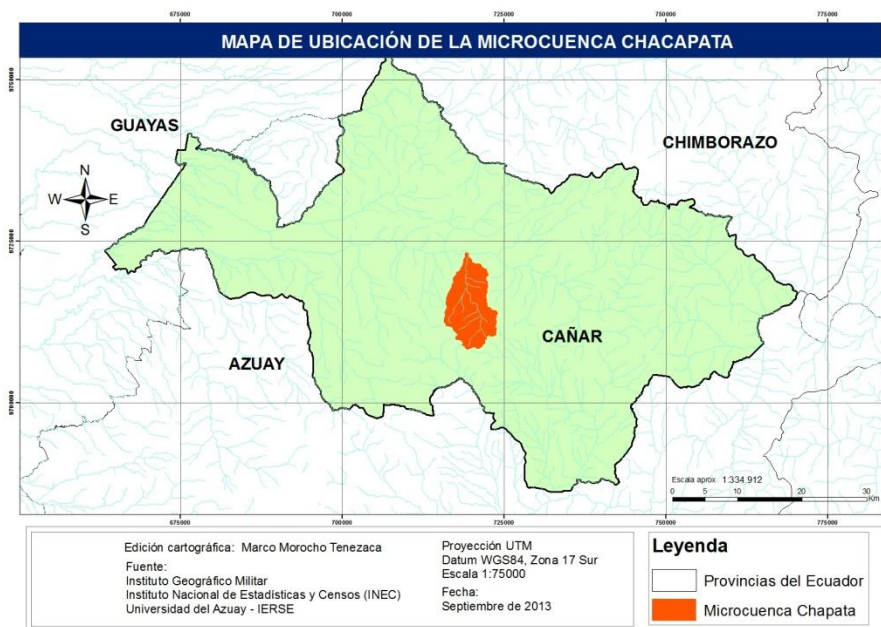


III. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Ubicación Geográfica de la Microcuenca Chacapata

La microcuenca del río Chacapata está localizada en la Provincia de Cañar, en el Cantón del mismo nombre, dentro de las parroquias Cañar, Chorocopte y Gualleturo, la misma que pertenece a la Cuenca del río Cañar (Figura 3.1). Limita al norte con los drenajes menores del río Cañar; al sur con las microcuencas de: Machángara Alto, Galuay y del río Tambo; al oriente tiene como límite las microcuencas de: Jirincay, Shamizham, y los drenajes menores del río Cañar; mientras que al occidente las microcuencas de los ríos Roura y Chacayacu. Su superficie es de aproximadamente 7600 ha.

Figura 3.1 Ubicación de la Microcuenca del Río Chacapata





3.2. Ubicación del área de estudio

El área de estudio comprende la microcuenca del río Chacapata, río que descarga sus aguas al río Cañar. Para lo cual se seleccionaron como áreas de análisis la parte alta y media de la microcuenca, comprendido desde un rango altitudinal de 3200 a 4200 m.s.n.m.

En la zona alta es la que contiene la franja de páramos que es donde el agua se almacena garantizando la existencia del recurso en épocas secas; la zona media se caracteriza por la intensa actividad agropecuaria que representa una amenaza a la permanencia de la cobertura vegetal.

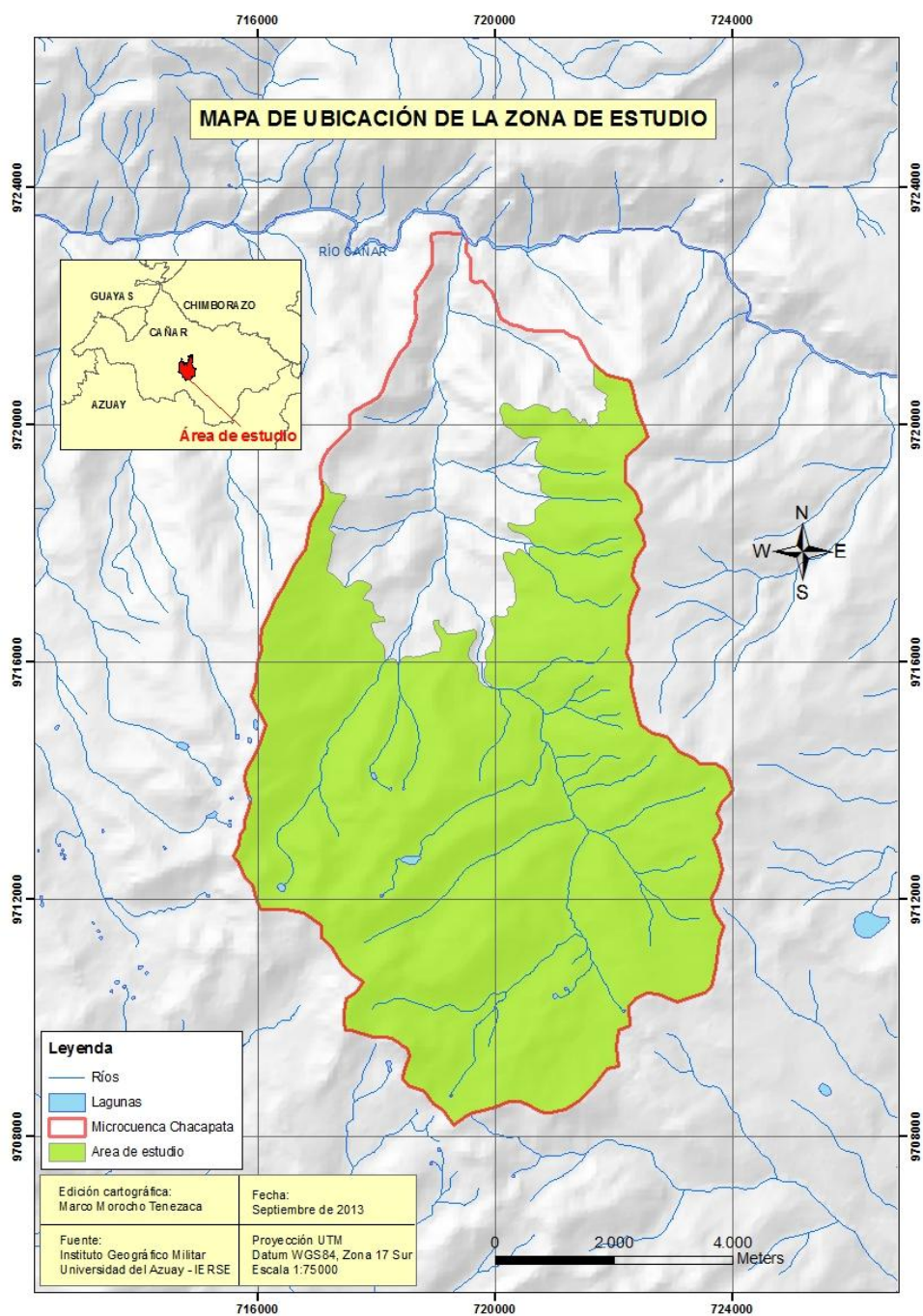
El área de estudio (Figura 3.2) tiene una superficie aproximada de 5965,15 ha. De acuerdo a la proyección Universal Transversa de Mercator, está localizada en la zona 17, y sus correspondientes coordenadas son:

Norte: 9721008,195169 **Este:** 724008,095733

Sur: 9708189,216646 **Oeste:** 715587,298769



Figura 3.2 Ubicación del área de estudio





3.3. Etapas de la investigación

La secuencia metodológica que se siguió en la elaboración de la investigación fue la siguiente:

3.3.1. Análisis de cambio de uso del suelo con fotografías aéreas

El esquema de la investigación para establecer las tendencias del cambio de uso del suelo de la microcuenca, comprende tres fases: preparatoria, de ejecución y de validación.

3.3.1.1. Fase preparatoria

En esta fase se realizó la recopilación de información y búsqueda de herramientas, materiales y equipos de inmediata disposición o de posible acceso.

Acontinuación se detalla en el cuadro 3.1.

**Cuadro 3.1** Materiales Cartográficos y de gabinete

MATERIAL	DESCRIPCIÓN
Material gabinete	Material de escritorio (Cds, Flash drive (4GB),ETC. Equipos de computación: <ul style="list-style-type: none">- Monitor a color de alta resolución- Impresora Software <ul style="list-style-type: none">- ArcGis 9.3- Erdas 9.2- Envi 4.8- Word, excel,etc.
Material cartográfico	Fotografías aéreas del IGM del año 1989, formato digital, escala 1:60000 Fotografías aéreas del IGM del año 2000, formato digital, escala 1:60000 Cartografia básica del IGM de San Francisco de Gualleturo y Cañar,escala 1:50000

Para la adquisición de las fotografías aéreas se revisó los archivos del departamento de fotografía aérea del Instituto Geográfico Militar para identificar fechas, escalas y calidad de las fotografías pertenecientes a la zona de estudio.

De esta manera, se seleccionaron las fotografías de los años 1989 y 2000, tomando en cuenta que fueron las fotografías de mejor calidad y considerando

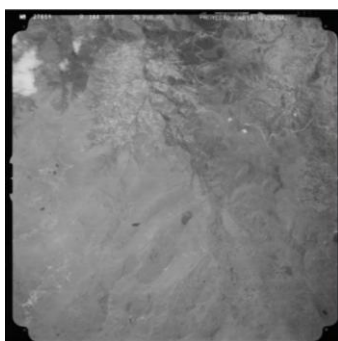


Universidad de Cuenca **Facultad de Ciencias Agropecuarias.**

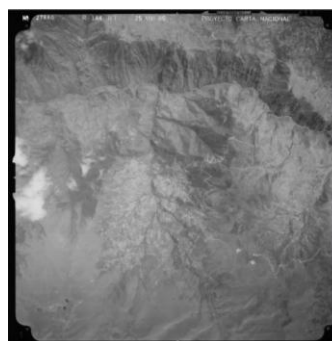
que este periodo de tiempo de 11 años es muy favorable para determinar las diferencias del uso del suelo.

Para elaborar el mapa de uso del suelo de 1989, se utilizaron 2 fotografías a escala 1:60000, tomadas con una cámara UAGII de distancia focal 153.03 mm, como se puede ver en la figura 3.3. La calidad de las fotografías fue muy aceptable ya que sus imágenes son nítidas, sin presencia de nubes.

Figura 3.3 Fotografías Aéreas para la zona de estudio año 1989



Exposición: 27659
Zona: San Francisco de Gualleturo
Fecha de toma: 25 -VIII- 1989
Rollo: 144 JET

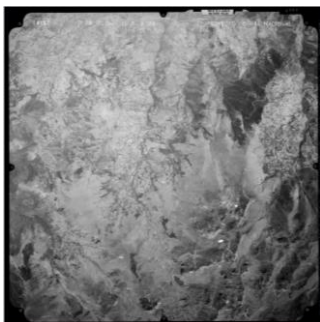


Exposición: 27660
Zona: San Francisco de Gualleturo
Fecha de toma: 25 -VIII - 1989
Rollo: 144 JET

Para la generación del mapa de uso del suelo del año 2000, se utilizaron 3 fotografías a escala 1:60000 del proyecto Carta Nacional, tomadas con la cámara Wild 15/4 UAG-S, de distancia focal 152.92 mm, como se observa en la figura 3.4. Las fotografías son de buena calidad, a excepción de la fotografía 13807 que presentó la presencia de nubes en la parte alta, que dificultó la interpretación de cuerpos de agua (embalse), pero con la ayuda de coordenadas que otorgan las imágenes satelitales del Google Earth se logró determinar el uso del suelo.



Figura 3.4 Fotografías Aéreas para la zona de estudio año 2000

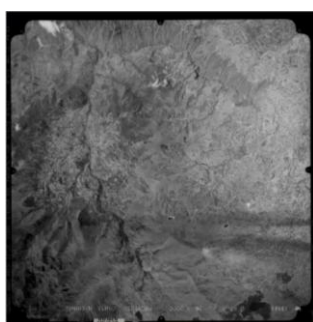


Exposición: 14157

Zona: San Francisco de Gualleturo

Fecha de toma: 10 -XI- 2000

Rollo: 59 RC – 30

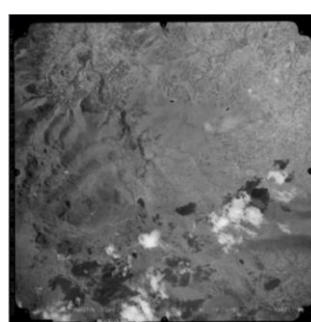


Exposición: 13806

Zona: San Francisco de Gualleturo

Fecha de toma: 26 -X- 2000

Rollo: 57 RC - 30



Exposición: 13807

Zona: San Francisco de Gualleturo

Fecha de toma: 26 -X- 2000

Rollo: 57 RC – 30

3.3.1.2. Fase de ejecución

3.3.1.2.1. Delimitación del área de estudio

En primer lugar se realizó la delimitación de la zona de estudio, tomando como referencia la divisoria de aguas desde donde convergen los cauces que desembocan en el río Chacapata. Luego se estableció los límites de las partes alta y media de la microcuenca, que presentan las zonas de interés del presente estudio. Para determinarlas, se tomaron en cuenta varios factores, entre ellos: alturas de los lugares en donde el cambio de uso de suelo es evidente, patrones de producción, relaciones de los pobladores con los recursos naturales.

Con base en la cartografía digital del Instituto Geográfico Militar (IGM) se elaboró el Mapa base donde constan los poblados, vías, red hídrica, curvas de nivel, etc. A escala 1:50000.

Tema: Análisis multitemporal del uso del suelo de la Microcuenca del Río Chacapata - Patococha, en base a fotografías aéreas de los años 1989 y 2000

Autor: Marco Morocho Tenezaca



3.3.1.2.2. Determinación de leyenda temática

Luego de tener delimitada la zona de estudio se realizó algunas salidas para recorrer la zona de estudio, y aplicar breves entrevistas a los habitantes y dueños del predio de la zona de estudio, para reconocer las principales actividades a las que se dedican, el uso que le dan al suelo de sus propiedades y principalmente para determinar la leyenda temática.

De esta manera se determinó la siguiente leyenda temática:

- Cultivos
- Pasto
- Bosque natural
- Bosque plantado
- Páramo
- Vegetación arbustiva
- Cuerpos de agua
- Suelo sin vegetación

A continuación se presenta la característica de cada categoría.

Cultivos: Predominan los tubérculos y cereales en la parte media.

Pasto: Conformado por raygrass, pasto azul, trébol blanco, kikuyo, etc. Destinado para el corte y pastoreo.

Bosque natural: Conformado por la Quinoa, Quishuar, Aguarongo, etc.



Universidad de Cuenca Facultad de Ciencias Agropecuarias.

Bosque plantado: Bosque cultivado para la comercialización como es el caso de pino (*Pinus pátula*), ciprés (*Cupresus macrocarpa*).

Páramo: Conformado por el Páramo natural e intervenido por el hombre.

Vegetación arbustiva: Conformado por la vegetación no mayor a 1 metro de altura, como: sarcillo, valeriana, chachaco, llipis, chuquiragua, carne humana, chocar, achupilla, mulamaqui, chilca, etc.⁶

Cuerpos de agua: Conformado por vertientes, lagunas, embalses, reservorios.

Suelo sin vegetación.- Suelo desnudo, caminos, afloramientos rocosos, etc.

3.3.1.2.3. Ortorectificación de Fotografías Aéreas

Las imágenes fotográficas fueron ortorectificadas en la proyección UTM, Datum WGS-84, Zona 17 Sur. Para la ortorectificación de las fotografías aéreas se utilizó como base, las curvas de nivel cada 20 metros obtenidas de las cartas topográficas del Instituto Geografico Militar. Con las curvas de nivel se generó el MDT (Modelo digital del terreno) el que sirvió para corregir las deformaciones del relieve y el desplazamiento horizontal y vertical.

Para el proceso de ortorectificación se adquirió el certificado de calibración de la cámara en el Instituto Geográfico Militar, en la que se empezó definiendo las propiedades del modelo de la cámara, luego se editó e ingreso las coordenadas de la película fotográfica en las marcas fiduciales (Cuadro 3.2).

⁶ Entrevista a los dueños del predio de la zona de estudio.



Cuadro 3.2. Marcas fiduciales aplicadas en las fotografías aéreas

Marcas fiduciales aplicadas para los imágenes del año 1989		
Fiducial Marks	X	Y
1	-105.999	105.999
2	106.004	106.008
3	106.004	-105.991
4	-105.996	-106.004
Marcas fiduciales aplicadas para los imágenes del año 2000		
Fiducial Marks	X	Y
1	-105.988	105.988
2	0.013	111.980
3	106.015	105.986
4	112.008	-0.016
5	106.007	-106.017
6	0.009	-112.013
7	-105.988	-106.011
8	-111.985	-0.04

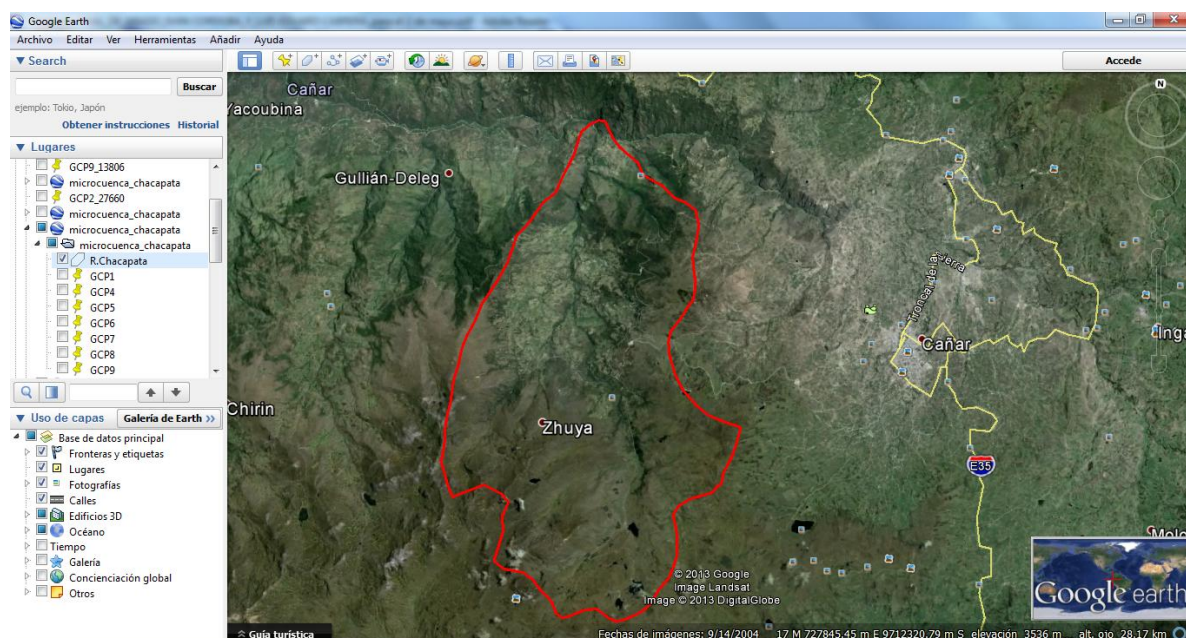
Fuente: Instituto Geográfico Militar- certificado de calibración



Universidad de Cuenca **Facultad de Ciencias Agropecuarias.**

Luego se ingresaron los puntos de control que fueron identificados de imágenes satelitales disponibles en Google Earth, las cuales cuentan con la resolución espacial adecuada como para encontrar puntos similares para cada fotografía aérea, esto se realizó exportando el perímetro del área de estudio de la microcuenca en el formato KML, el cual deja ver la información desde Google Earth (Figura 3.5).

Figura 3.5 Límite de microcuenca Chacapata en Google Earth



Fuente: Google Earth

Elaborado por: Marco Morocho

El resultado del error RMS de los 9 puntos de control en cada fotografía aérea fue menor a 0.5 metros. Finalmente la imagen fue remuestreada aplicando el algoritmo de Convulación Cúbica, que es aplicada en zonas de marcada diferencia altitudinal y de pendientes.

El proceso de georeferenciación de las fotografías se lo realizó exclusivamente con el software ERDAS 9.2 utilizando el módulo **"Image Geometric Correction"**.

Tema: Análisis multitemporal del uso del suelo de la Microcuenca del Río Chacapata - Patococha, en base a fotografías aéreas de los años 1989 y 2000

Autor: Marco Morocho Tenezaca



Universidad de Cuenca Facultad de Ciencias Agropecuarias.

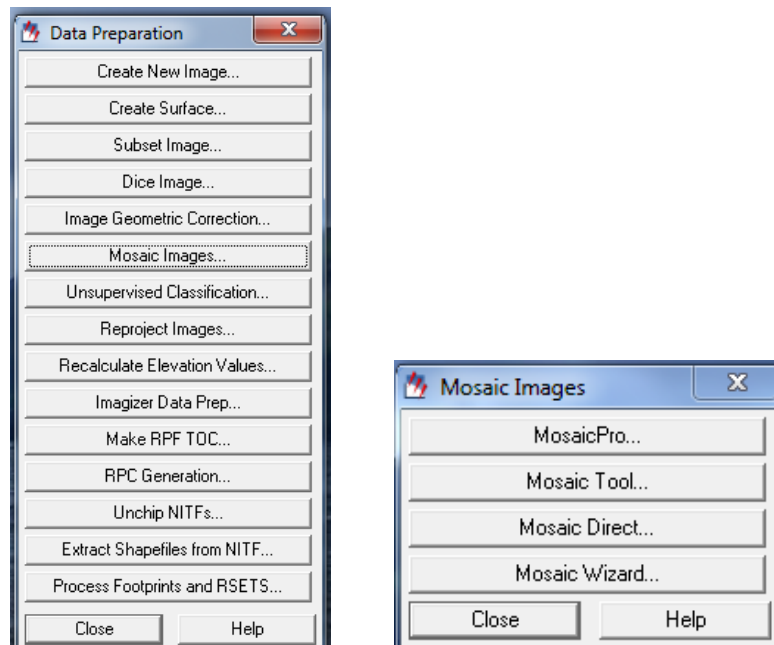
Para el procedimiento se siguió los pasos especificados en el manual Capítulo 12- Ortorectificación de Erdas Imagine 9.2 que se encuentra disponible en:

(http://redgeomatica.rediris.es/manuales/ERDAS_IMAGINE/12_ORT.pdf)

Luego de tener las imágenes ortorectificadas, se generó un mosaico de la faja o banda de las fotografías aéreas (Anexo 1) para tener una visión y ortocorrección del área de estudio. Esto se creó con el software ERDAS 9.2, en el cual se utilizó el módulo **Data Preparation** seleccionando la opción **Mosaic Images** y se empleó el método **Mosaic Pro**; el mismo que permite realizar arreglos a las imágenes de acuerdo a la fecha.

En la siguiente (figura 3.6) se muestra la opción que se empleó para la elaboración del mosaico.

Figura 3.6 Vista del módulo Data preparation



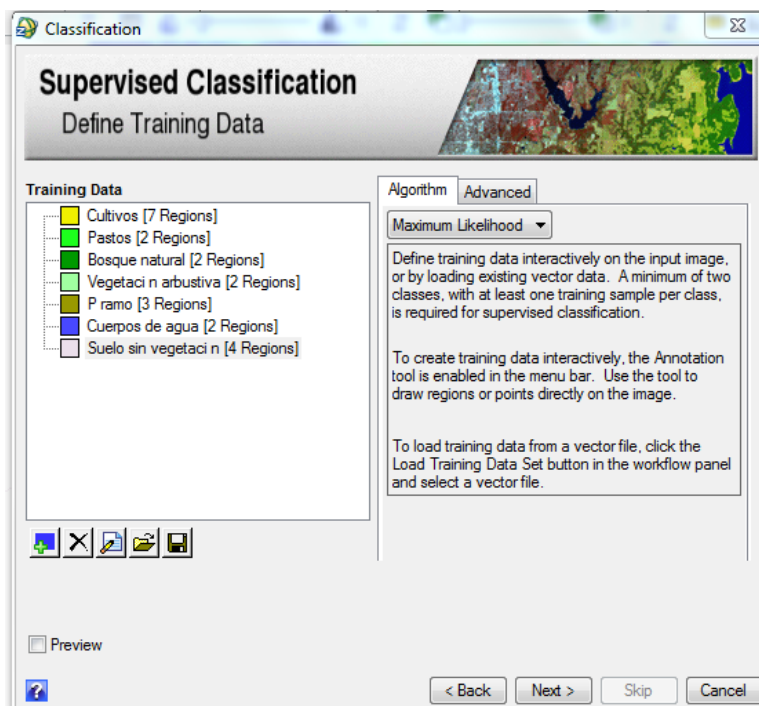


3.3.1.2.4. Generación de coberturas

Para la clasificación de imágenes fotográficas se utilizó el programa de análisis y procesamiento digital de imágenes, ENVI con la extensión ENVI ZOOM, módulo clasificación supervisada. En donde cada imagen fue clasificada por separado aplicando el método supervisado, con la misma leyenda temática en las dos fechas, para poder compararla posteriormente.

Para la clasificación supervisada se utilizó el algoritmo de Maximum Likelihood (que es el clasificador de máxima probabilidad).

Figura 3.7 Interfaz de clasificación supervisada software ENVI



Continuando con el proceso se obtuvo dos imágenes clasificadas en la que se puede observar en las siguientes figuras 3.8 y 3.9.



Figura 3.8 Clasificación supervisada mosaico 1989

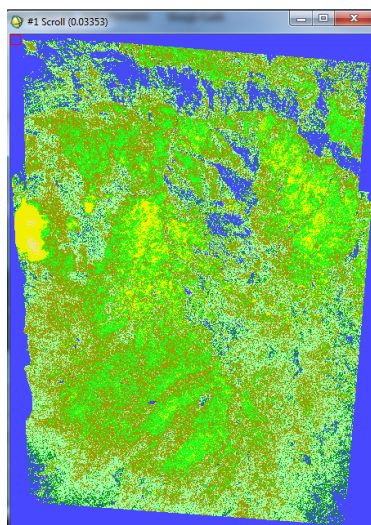
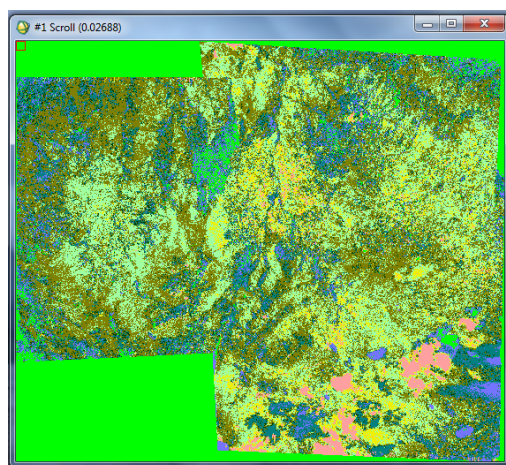


Figura 3.9 Clasificación supervisada mosaico 2000

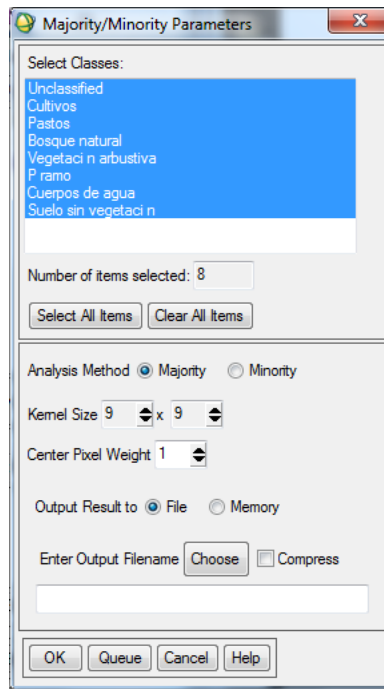


Luego de la clasificación supervisada se procedió a realizar una operación de filtro de moda sobre cada una de las imágenes clasificadas mediante la opción de Majority/Minority Analysis de Envi 4.8, en el cual se aplicó un Kernel Size de 9x9 y centro de pixel de 1, como se observa en la siguiente figura 3.10



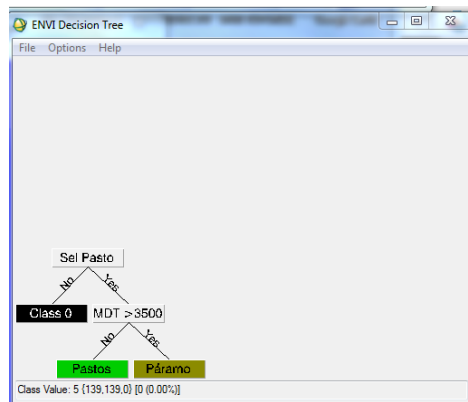
Universidad de Cuenca Facultad de Ciencias Agropecuarias.

Figura 3.10 Ilustración de herramienta Majority/Minority Parameters



Luego de la aplicación de filtro sobre las imágenes clasificadas, se procedió a aplicar Decision Tree (Árbol de decisión) a cada una de las categorías que se observa en la figura 3.11. A cada categoría se le asignó por bandas.

Figura 3.11 Ilustración de herramienta Decision Tree





Universidad de Cuenca **Facultad de Ciencias Agropecuarias.**

Luego de generar las clasificaciones de distintos tipos, se realizó la Unión de Bandas, en donde se agrupó a cada una de las categorías reclasificadas de cada año.

Seguidamente se procedió a exportar el formato Raster (pixel) a un Vector en formato ENVI (evf), que posteriormente se exportó este vector de ENVI a shapefile (dxf).

Cuando ya tenemos los archivos shp del año 1989 y 2000 respectivamente, se procedió a cortar los shapefiles de cada año con el polígono del área de estudio. Para lo cual se aplicó el software ArcGis 9.3, con la herramienta Arctoolbox.

3.3.1.3. Fase de validación

3.3.1.3.1. Validación de la información

En esta fase se evaluó los resultados obtenidos de la clasificación supervisada, en la que no fueron satisfactorios debido a que algunas clases espectrales quedaron enmascaradas causando confusión en la identificación de las categorías temáticas específicas. Para lo cual esta información clasificada fue procesada mediante la interpretación digital en pantalla con la respectiva digitalización empleando el Software ArcGis 9.3.

3.3.1.3.2. Comprobación de campo

En la comprobación de campo se realizaron algunas salidas con el objetivo de comprobar que las unidades identificadas en las fotografías coincidan con el uso del suelo; Al mismo tiempo la supervisión de campo también sirvió para identificar la cobertura de determinadas áreas y para la edición de los archivos en formato vector. Además en la salida se aprovechó con las entrevistas informales con los



Universidad de Cuenca Facultad de Ciencias Agropecuarias.

pobladores y dueños del predio, en la que se corroboró la información obtenida de los procesos de fotointerpretación. La entrevista se encaminó a capturar la percepción individual y colectiva de los habitantes y dueños del predio presentes en el área de estudio, sobre las diferentes actividades a las que se dedican y el uso del suelo de las épocas pasadas.

3.3.1.3.3. Elaboración de mapas definitivos

Luego de terminar las comprobaciones de campo y efectuado las correcciones necesarias, entre estas la digitalización de elementos que no fueron correctamente identificados en la clasificación supervisada, se obtuvo los mapas de uso del suelo del 1989 y 2000 conformado por 8 categorías:

1. Cultivos
2. Pasto
3. Bosque natural
4. Bosque plantado
5. Páramo
6. Vegetación arbustiva
7. Cuerpos de agua
8. Suelo sin vegetación

Teniendo en cuenta que la escala de las fotos aéreas es 1:60.000, las mismas que fueron escaneadas a 1.800 dpi dando un tamaño de pixel de 14,1 μm que representa 0.85m en terreno, la escala de los productos cartográficos obtenidos es 1:25.000.

Para asegurar que los elementos digitalizados en pantalla se integren a los productos obtenidos en la clasificación supervisada, la digitalización en pantalla se realizó a escala 1:10.000, con una unidad mínima de mapeo de 0.25 ha, utilizando ArcGis 9.3. Luego de las modificaciones de los polígonos en los mosaicos de los



Universidad de Cuenca Facultad de Ciencias Agropecuarias.

dos tiempos analizados se aplicó la matriz de cambios de uso del suelo y se generó el mapa temporal final.

3.3.1.3.4. Evaluación de la dinámica multitemporal en los dos periodos de tiempo (1989 y 2000).

Para el desarrollo de la evaluación multitemporal de la dinámica de los cambios, fue necesario la creación de unas matrices de análisis las cuales describan las situación que presenta cada categoría, los resultados de las variables fueron obtenidos a través de software Arcgis 9.3.

Para la construcción de las matrices de cambio se utilizó la herramienta arcToolbox con las extensiones siguientes: Analysis Tools → Overlay → Intersect, la cual calcula la intersección geométrica de cualquier número de clases de entidades y capas de entidades. Posteriormente la base de datos se exportó a Excel, y se calculó el cambio en las categorías de uso del suelo en términos relativos y absolutos.

3.3.2. Identificación y determinación de los Impactos que genera el cambio de uso del suelo

Para el cumplimiento de este objetivo se procedió a efectuar los siguientes pasos: Revisión y análisis bibliográfico, recopilación de información secundaria y levantamiento de información de campo en el sitio, basado en observación directa, conversaciones con los vecinos del sector y principalmente con la aplicación de breves entrevistas a los dirigentes de las Cooperativas y propietarios con mayor extensión, esto con la finalidad de determinar los principales problemas ambientales de la microcuenca. La entrevista fue dirigida a los dirigentes de las siguientes Cooperativas: Cooperativa Agrícola Cañar Kapak Quilloac, Cooperativa García Moreno de Lodón, Cooperativa San Antonio de Chorocopte, Cooperativa

Tema: Análisis multitemporal del uso del suelo de la Microcuenca del Río Chacapata - Patococha, en base a fotografías aéreas de los años 1989 y 2000

Autor: Marco Morocho Tenezaca



Universidad de Cuenca Facultad de Ciencias Agropecuarias.

San Andrés de Malal y Zhuya, y la Organización de segundo grado TUCAYTA, siendo estas organizaciones dueños legítimos de la microcuenca en estudio.

Como fuentes de consulta para la caracterización del área de estudio se ha considerado a la información generada por la CTOTAL CONSULTORÍA Cía. Ltda. Con el “Estudio para el Plan Maestro de Agua Potable de la Ciudad de Cañar”, “Estudio de actualización de la información catastral de los páramos de la microcuenca Chacapata del Cantón Cañar-UGA (Unidad de Gestión Ambiental)” y el “Estudio y diseño de la presa-embalse de la quebrada Sigsihuayco del sistema de riego Patococha del Cantón y Provincia del Cañar”; los documentos presentan los principales aspectos ambientales que permitirán explicar la condición actual de la microcuenca Chacapata.

Para la determinación de problemas ambientales se basó en cuatro actividades principales que son: Agricultura, ganadería, infraestructura vial e infraestructura productiva (embalses).

Para la identificación y evaluación de los impactos ambientales se consideró la matriz de (Leopold modificada), a la cual se realizaron las modificaciones necesarias de forma tal de adaptarla a las condiciones propias del lugar y a las características intrínsecas del caso.

3.3.3. Propuesta de Manejo Ambiental

La propuesta de manejo ambiental es la sinergia de todos los parámetros analizados en este estudio, donde interactúan, el análisis de cambio de uso del suelo que nos permite detectar los cambios que han ocurrido en los dos periodos de tiempo, la caracterización biofísica y determinación de problemas ambientales que nos indica las características de la unidad hidrográfica del río Chacapata.



Universidad de Cuenca **Facultad de Ciencias Agropecuarias.**

Las actividades de propuesta de Manejo Ambiental se organizaron en programas y proyectos que permitan realizar acciones y actividades de prevención, corrección y mitigación de los principales impactos identificados en el cambio del uso del suelo de la zona de estudio.



IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Análisis multitemporal del uso del suelo con fotografías aéreas

La identificación de los cambios de uso del suelo y coberturas se realizó usando el sistema de información geográfica (SIG); empleando la técnica de análisis multitemporal, basados en dos imágenes fotográficas del año 1989 y 2000 del Proyecto Carta Nacional del IGM.

La aplicación del SIG como herramienta de análisis, ha permitido realizar un acercamiento a las antiguas y actuales condiciones del área de estudio, con la obtención de mapas, porcentajes y datos.

4.1.1. Mapa base

Para la elaboración del mapa base se procedió a obtener la información de la cartografía digital del Instituto Geográfico Militar (IGM); de la cartografía digital sustrajo la información de vías, hidrografía, curvas de nivel y poblados. El mapa base se utilizó para establecer la divisoria de aguas con lo cual se determine el límite geográfico de la microcuenca (Anexo 2).

4.1.2. Elaboración de mapa de usos del suelo y cobertura vegetal

Para elaborar el mapa de uso del suelo del área de estudio se utilizó fotografías aéreas de los años 1989 y 2000, las cuales fueron ortorectificadas utilizando puntos de control identificadas en Google Earth (Cuadro 4.1).



Universidad de Cuenca Facultad de Ciencias Agropecuarias.

Cuadro 4.1. Puntos de control utilizadas en la ortorectificación de las fotografías aéreas

COORDENADAS UTM				
WGS84 ZONA 17 SUR				
Año 1989			Año 2000	
N°	X (mE)	Y (mN)	X (mE)	Y (mN)
1	714584.91	9726363.19	716795.65	9719007.55
2	720952.84	9725741.57	722630.16	9718486.81
3	726285.78	9724523.70	728274.79	9718872.21
4	716844.08	9720602.07	716949.46	9712788.65
5	721179.21	9719796.64	723291.53	9712968.36
6	726588.13	9719162.16	728481.45	9712671.72
7	717404.28	9713432.07	717028.55	9707493.42
8	720453.37	9713038.65	722990.50	9707251.28
9	723794.05	9713063.19	728801.02	9707375.34

Fuente: Google earth

Elaborado por: Marco Morocho

En una segunda etapa se procedió a digitalizar el resultado de la clasificación supervisada sobre el área de estudio, utilizando 8 categorías de uso del suelo, las categorías trabajadas son:



Universidad de Cuenca

Facultad de Ciencias Agropecuarias.

- Cultivos
- Pasto
- Bosque natural
- Bosque plantado
- Páramo (natural e intervenido)
- Vegetación arbustiva
- Cuerpos de agua
- Suelo sin vegetación

El resultado de mapas de uso del suelo se puede apreciar en (Anexo 3).

4.1.3. Análisis de cambio de uso del suelo de la microcuenca Chacapata

El área de estudio cuenta con una superficie aproximada de 5965,15 hectáreas, de las cuales las categorías que cubren la mayor parte de la zona de estudio en el año de 1989, es páramo (4722,49 hectáreas) y la vegetación arbustiva (719,91 hectáreas). Las coberturas indicadas cubren en conjunto el 91.24 % del área de estudio (Cuadro 4.2 y Figura 4.1).

**Cuadro 4.2.** Superficie de las unidades de uso del suelo 1989

USO DEL SUELO AÑO 1989			
Uso del suelo	Área (m2)	Área (ha)	Porcentaje (%)
Bosque natural	1148800	114,88	1,93
Cuerpos de agua	40600	4,06	0,07
Cultivos	1876600	187,66	3,15
Páramo	47224900	4722,49	79,17
Pastos	1550700	155,07	2,60
Suelo sin vegetación	610800	61,08	1,02
Vegetación arbustiva	7199100	719,91	12,07
TOTAL	59651500	5965,15	100,00

Fuente y elaboración: Marco Morocho

En el año 2000, las categorías que se encontraban mejor representadas en la zona son las mismas que en el año 1989; Páramo (4584,69 ha) y la vegetación arbustiva (734,36 ha). Sin embargo, la extensión varía. Las categorías mencionadas cubren el 89,17% del área de estudio (Cuadro 4.3 y Figura 4.1).

**Cuadro 4.3.** Superficie de las unidades de uso del suelo 2000

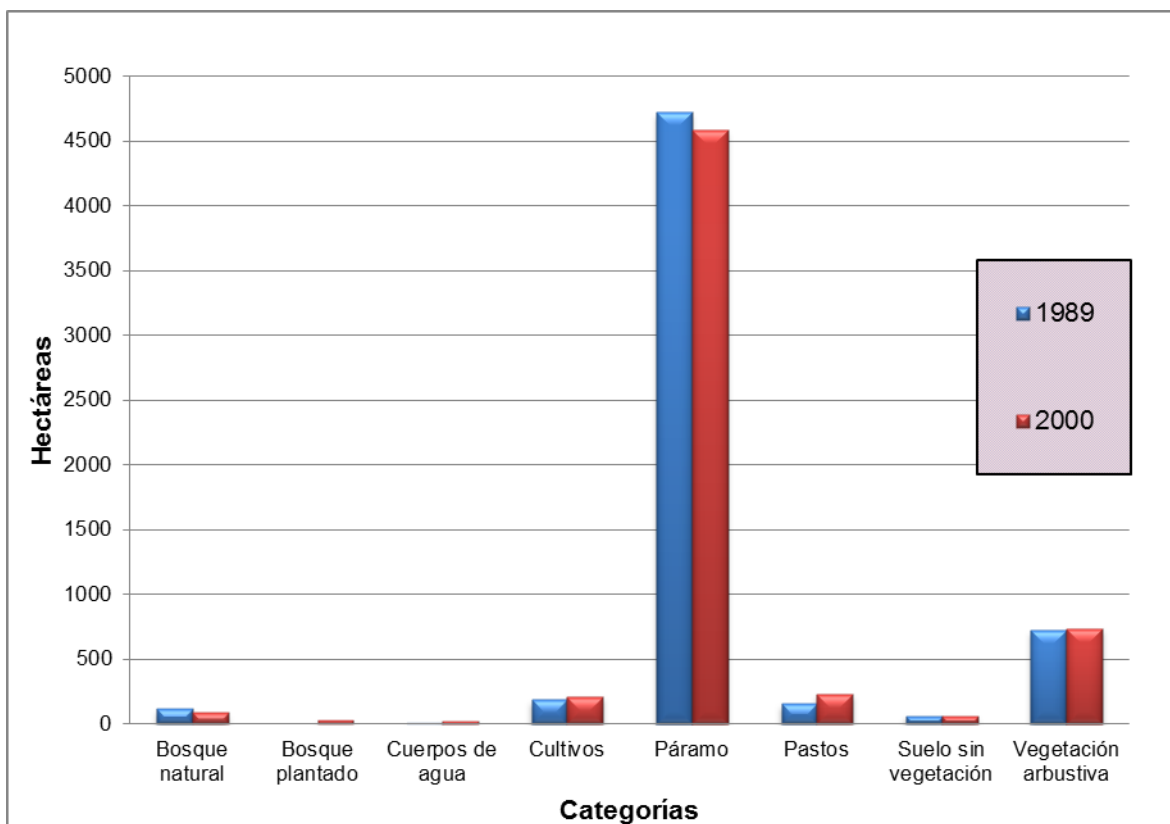
USO DEL SUELO AÑO 2000			
Uso del suelo	Área (m2)	Área (ha)	Porcentaje (%)
Bosque natural	873200	87,32	1,46
Bosque Plantado	300100	30,01	0,50
Cuerpos de agua	254000	25,4	0,43
Cultivos	2088000	208,8	3,50
Páramo	45846900	4584,69	76,86
Pastos	2321900	232,19	3,89
Suelo sin vegetación	623800	62,38	1,05
Vegetación arbustiva	7343600	734,36	12,31
TOTAL	59651500	5965,15	100,00

Fuente y elaboración: Marco Morocho

Entre estas dos categorías que juntas suman casi la totalidad del área bajo estudio se observa que el páramo del año 1989 al 2000 disminuyó en 137,8 hectáreas producto de la presión ejercida por el hombre para ampliar la frontera agrícola, y la vegetación arbustiva aumentaron en 14,45 hectáreas, sea por la regeneración natural o a partir de la agricultura tradicional que destina como áreas de descanso o barbecho.



Figura 4.1. Distribución de las superficies por categorías y por año



Fuente y elaboración: Marco Morocho

4.1.4. Dinámica multitemporal del uso del suelo y cobertura vegetal del año 1989 y 2000

Al comparar las fotografías aéreas, se establecieron las tendencias de cambio en el uso del suelo que se expresaron como una dinámica de la conservación y cambios en un intervalo de tiempo como se puede observar en el (Anexo 4 y cuadros 4.4 y 4.5).



Cuadro 4.4. Dinámica de cambios de cobertura y uso del suelo 1989 – 2000 en (Hectáreas)

1989	2000								
	Bosque natural	Bosque Plantado	Cuerpos de agua	Cultivos	Páramo	Pastos	Suelo sin vegetación	Vegetación arbustiva	Total general
Bosque natural	67,85	0	0	2,73	0,62	2,26	2,33	39,09	114,88
Cuerpos de agua			3,44		0,62		0	0	4,06
Cultivos	1,44			93,5	7,08	46,11	2,7	36,83	187,66
Páramo	0,56	28,85	21,29	37,38	4505,63	56,99	17,27	54,52	4722,49
Pastos	1,06		0,13	39,61	3,84	87,32	1,09	22,02	155,07
Suelo sin vegetación	0,69	0,07	0,54	1,57	13,78	1,47	31,43	11,53	61,08
Vegetación arbustiva	15,72	1,09	0	34,01	53,12	38,04	7,56	570,37	719,91
Total general	87,32	30,01	25,4	208,8	4584,69	232,19	62,38	734,36	5965,15

Fuente y elaboración: Marco Morocho



Cuadro 4.5. Dinámica de cambios de cobertura y uso del suelo 1989-2000 en porcentaje (%)

1989	2000								
	Bosque natural	Bosque Plantado	Cuerpos de agua	Cultivos	Páramo	Pastos	Suelo sin vegetación	Vegetación arbustiva	Total general
Bosque natural	59,1	0,0	0,0	2,4	0,5	2,0	2,0	34,0	100,0
Cuerpos de agua	0,0	0,0	84,7	0,0	15,3	0,0	0,0	0,0	100,0
Cultivos	0,8	0,0	0,0	49,8	3,8	24,6	1,4	19,6	100,0
Páramo	0,0	0,6	0,5	0,8	95,4	1,2	0,4	1,2	100,0
Pastos	0,7	0,0	0,1	25,5	2,5	56,3	0,7	14,2	100,0
Suelo sin vegetación	1,1	0,1	0,9	2,6	22,6	2,4	51,5	18,9	100,0
Vegetación arbustiva	2,2	0,2	0,0	4,7	7,4	5,3	1,1	79,2	100,0
Total general	1,5	0,5	0,4	3,5	76,9	3,9	1,0	12,3	100,0

Fuente y elaboración: Marco Morocho



4.1.4.1. Bosque Natural

Del 100% de Bosque Natural del año 1989 se conserva el **59,1%**. De esta categoría el cambio con mayor porcentaje que se ha dado es para la vegetación arbustiva con un 34,0%, seguido por cultivos con 2,4%, pastos y suelo sin vegetación con el 2% y con un porcentaje menor de 0,5% como páramo.

4.1.4.2. Cuerpos de agua

Del total general de Cuerpos de agua del año 1989 se conserva **84,7%**. El único cambio que se ha generado en esta categoría es el páramo con el 15,3%.

4.1.4.3. Cultivos

Del 100% de esta categoría se mantiene el **49,8%**. Los cambios que presentan en esta categoría son: Pastos con 24,6%, vegetación arbustiva con 19,6%, páramo con 3,8%, suelo sin vegetación con 1,4% y bosque natural con 0,8%.

4.1.4.4. Páramo

Esta categoría ocupa la mayor superficie del área de estudio. Del 100% de páramo se conserva el **95,4%**. Los cambios que se presentan en esta categoría con un menor porcentaje son: La vegetación arbustiva y pastos con el 1,2%, cultivos con 0,8%, bosque plantado con 0,6%, cuerpos de agua con 0,5% y suelo sin vegetación con 0,4%.



4.1.4.5. Pastos

Del 100% de pastos del año 1989 se conserva el **56,3%**. Y lo restante se ha generado cambios para cultivos con un 25,5%, vegetación arbustiva con un 14,2%; seguidos con un porcentaje mínimo el páramo con el 2,5%, Bosque natural y suelo sin vegetación con el 0,7%, y cuerpos de agua con el 0,1%.

4.1.4.6. Suelo sin vegetación

Del total general de esta categoría se conserva el **51,5%**. Lo sobrante de esta categoría se ha generado cambios para el páramo con el 22,6%, vegetación arbustiva con 18,9%, cultivos con 2,6%, pastos con 2,4%, bosque natural con 1,1%, cuerpos de agua con 0,9% y bosque plantado con el 0,1%.

4.1.4.7. Vegetación arbustiva

Del 100% vegetación arbustiva del año 1989 se conserva el **79,2%**. La vegetación arbustiva se ha convertido en el páramo con el 7,4%, pastos con un 5,3%, cultivos con 4,7%, bosque natural con el 2,2%, suelo sin vegetación con 1,1% y bosque plantado con el 0,2%.



4.2. Identificación y determinación de los Impactos que genera el cambio de uso del suelo

4.2.1. Caracterización biofísica de la microcuenca Chacapata

4.2.1.1. Biogeografía y zonas de vida⁷

La zona de vida correspondiente a la clasificación de Holdridge, que cubre el área es el bosque muy húmedo Montano (bmh-M) y, hacia arriba y abajo pequeña secciones transicionales hacia el páramo pluvial subalpino (pp-SA).

Bosque muy húmedo Montano (bmh-M). Esta formación se distribuye así mismo hacia las estribaciones de la Cordillera Occidental al norte y este de la formación bosque húmedo Montano Bajo. Este piso está ubicado entre 2.800 y 3.400 m.s.n.m. Sus temperaturas medias fluctúan entre 6 y 12 ° C y la precipitación media anual varía entre 1.200 a 2.000 mm. Los suelos son Distropept e Hidrandept.

Bosque pluvial subalpino (bp-SA). Esta zona de vida identifica a los páramos bajos. Se encuentra ubicada entre los 3.200 a 4.000 m.s.n.m., sus temperaturas promedios varían entre 3 y 6 ° C, existiendo variaciones bruscas durante el día; y sus precipitaciones varían entre 1.000 a 2.000 mm. En lo referente a suelos, predominan los de materia orgánica poco meteorizada, poco profundos y también con presencia de alófana, citándose los Hidrandept, Distropept y Criandept.

⁷ Estudio y diseño de la Presa-Embalse de la Quebrada Sigsihuayco del sistema de riego Patococha del Cantón y Provincia del Cañar



4.2.1.2. El páramo y su realidad⁸

El páramo, un ecosistema de altura el caso de la microcuenca Chacapata-Patococha comprende con intervención antrópica y transición desde 3750 hasta 3850 m.s.n.m., y en estado natural comprende hasta los 4900 m.s.n.m., con su propia flora y fauna, y cubiertos de pajonales que permite almacenar cantidades importantes de agua, interviniendo en eslabón de ciclo hidrológico, con hermosos paisajes que se convierte en un ecosistema de altura.

- **El súper páramo**

Este tipo de formación está representada por líquenes y musgos siendo escasas las plantas superiores; algunas crecen con geotropismo positivo. Se encuentra presente en la mayoría de nevados de la cordillera occidental (Baquero et al. 2004).

Cuyas áreas son rocosas, arenosos que comprende desde los 3900 m.s.n.m. y se ubica en las cumbres de Zhinzhún, Tiojicharina y Juidan son áreas de difícil acceso y se encuentra una escasa vegetación entre las rocas.

- **El páramo típico**

El páramo herbáceo es una formación alta andina que se desarrolla a partir de los 3400 m.s.n.m hasta los 4000 m.s.n.m, presente en toda la línea de cumbre y vertientes de la cordillera oriental de los andes donde domina la vegetación herbácea especialmente de la familia Poaceae, con los géneros *Calamagrostis* y *Festuca* (Sierra, 1999), también se incluyen una cantidad variable de plantas de

⁸ Estudio de actualización de la información catastral de los páramos de la Microcuenca Chacapata del cantón Cañar-UGA



Universidad de Cuenca **Facultad de Ciencias Agropecuarias.**

almohadillas como *Azorella*, *Oreobolus*, *Eríocaulon*, *Geranium*, arbustos pequeños con hojas coriáceas especialmente de la familia Ericaceae y Asteraceae.

El páramo se extiende desde los 3400 hasta los 4000 m.s.n.m., zona utilizada para el pastoreo de ganado especialmente bovino y equino.

- **Los Humedales y Pantanos**

Se localiza en las riveras de fuentes de agua como Amsawaicu, Zhutukrumi, Taruga Gudo, Zhinzhun, Guagrallucshina, Pucuwacana, Sigsipaycu, Tiopungu, Midapungu, Tiojicharina, Juidan y Hatunwaycu.

4.2.1.3. Hidrografía

La Microcuenca tiene un drenaje que recorre en dirección de sur a norte (figura 4.2). De esta manera se encuentra delimitada al sur por las Microcuencas de Machángara Alto, Galuay y del río Tambo; al norte con los drenajes menores del río Cañar; al este por las quebradas: Jirincay y Zhamisham; y al oeste por las microcuencas de los ríos Raura y Chacayacu.

Los sistemas hídricos de la Microcuenca son elementos determinantes para su desarrollo, debido que a lo largo de los años hasta la actualidad, han sido aprovechados por los habitantes de la Organización Tucayta tanto para la actividad agrícola y ganadera. Además sus aguas son captadas y utilizadas para abastecimiento de agua potable para la ciudad de Cañar.

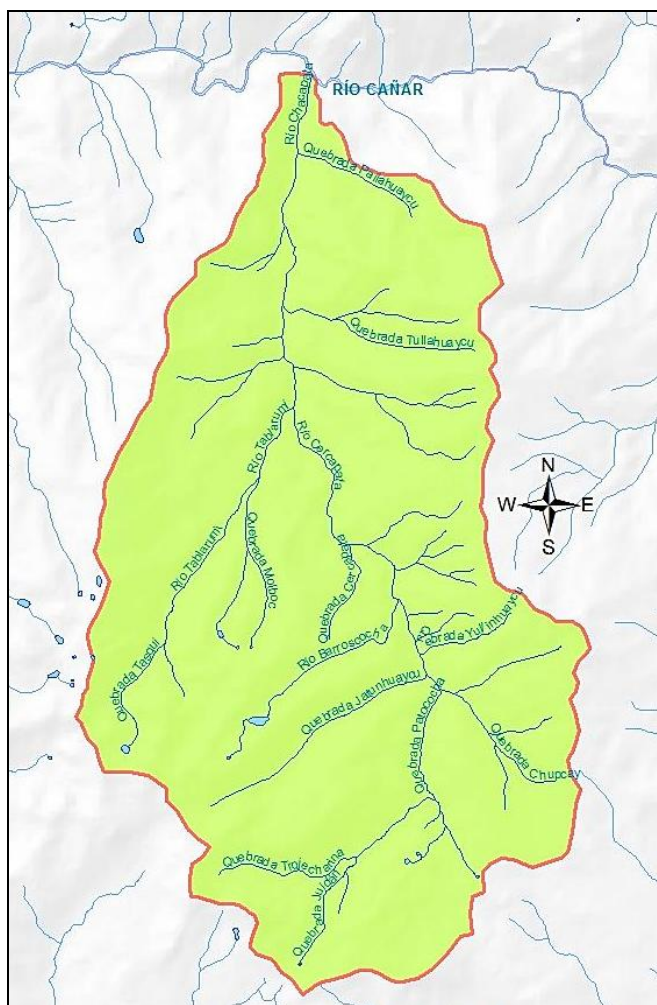
Los principales drenajes que conforman el área de la Microcuenca del río Chacapata son las quebradas de Sigsihuaycu, Juidán, Tiojicharina, Gulag, Patococha, Quillugudu, Caparina, Shulala, Barroscocha, Chiripotrero y Cercapata.



Universidad de Cuenca **Facultad de Ciencias Agropecuarias.**

Según Verdugo. (2008) existen varias vertientes que nacen en estos paramos y, que alimentan al sistema de riego Patococha tales como Juidán 50 l/s, Sigsihuayco 80 l/s, Tiojicharina, Quillogudo y quebrada de Caparina constituyendo el principal sistema hídrico de la zona. También existen pequeñas fuentes que alimentan al sistema y que se encuentran después de la bocatoma tales como: Shulala que aporta 5 l/s, Chico Shulala con 3 l/s, quebrada Chiripotrero aporta 6 l/s, quebrada el Chorro 8 l/s y Shigrín 2 l/s.

Figura 4.2. Red hídrica de la Microcuenca del Río Chacapata



Fuente: Instituto Geográfico Militar

Elaborado por: Marco Morocho

Tema: Análisis multitemporal del uso del suelo de la Microcuenca del Río Chacapata - Patococha, en base a fotografías aéreas de los años 1989 y 2000

Autor: Marco Morocho Tenezaca



4.2.1.4. Suelos⁹

Los suelos con excepción a los cerros más altos que cuenta con afloramiento de roca, corresponden a los Andosoles que proceden de cenizas reciente de origen volcánico, de color negro andino de textura limosa de carácter alofánico con elevada capacidad de retención de agua, profundidad variable y esponjosa. El pH va desde ligeramente ácidos (6,0 –6,5) a ácidos (pH inferior a 6,0); cuenta con materia orgánica superior al 10%, sin embargo la fertilidad natural es baja, esto debido a que las condiciones climáticas críticas hace que los nutrientes no se encuentren disponibles, presentando una ligera deficiencia de fósforo y haciendo que la materia orgánica no se pueda descomponer.

Las partes intermedias y más bajas, se han compuesto de materiales coluviales y coluvio-aluviales de lavas, dacitas, aglomerados, andesitas y tobas (los Molisoles, Vertisoles, Alfisoles e Inceptisoles, según las condiciones específicas del lugar). Las vertientes con pendientes muy fuertes, tienen suelos generalmente muy superficiales y erosionados (los Entisoles).

4.2.1.5. Clima¹⁰

En general el clima del páramo es muy frío-húmedo con temperaturas de entre 6 - 8 °C disminuyendo hasta 1°C por cada 100 m de altura, debido a su gran altitud las heladas se presentan durante todo el año. La zona cuenta con una precipitación superior a 800 a 1000 mm/año.

Se caracteriza también por la baja evapotranspiración, la presencia frecuente de

⁹ Estudio de actualización de la información catastral de los páramos de la Microcuenca Chacapata del cantón Cañar-UGA

¹⁰ Estudio de actualización de la información catastral de los páramos de la Microcuenca Chacapata del cantón Cañar-UGA



Universidad de Cuenca Facultad de Ciencias Agropecuarias.

nubosidad, neblina, garúa, baja insolación y heliofania. Los vientos son de alta intensidad siendo mayor su incidencia en los meses de Junio a Diciembre.

4.2.1.6. Flora¹¹

La vegetación presente corresponde a pajonales de páramo, líquenes y lycopodios, plantas más simples como musgos y líquenes que forman colonias de rosetas y almohadillas. Entre las especies arbustivas presentes se encuentran algunos individuos de las familias *Asteraceae*, *Poaceae*, *Cyperaceae*, *Orchidaceae* y *Lycopodiaceae*.

Esta vegetación presenta extrema adaptabilidad a la variación diaria de temperatura, fragilidad a variaciones climáticas de mediana o larga extensión y un índice de endemismo mayor a cualquier otro lugar del planeta. (Castaño-Urbe, 2002).

Pajonal: Formación de gramíneas que cubre alturas superiores a los 3200 msnm. Las principales especies de gramíneas a estas alturas son: (pajas) *Poa*, *Stipa*, *Agrostis*, *Calamagrostis* y *Festuca*. Entre las zonas más protegidas por el relieve o por rocas aisladas se pueden encontrar arbustos y herbáceas como *Lachemilla*, *Culcitium*, *Draba*, *Gentianella*, *Hypochoeris*, (cipre de cerro) *Loricaria*, *Senecio* y *Lycopodium*. Hay algunos arbustos como el sachá chocho (*Lupinus alopecuroides*), Mortiño (*Vaccinium mortina*), Moras (*Rubus* spp), *Chuquiragua insignis* y otros de porte más alto como *Gynoxys*, *Vallea* sp., *Berberis*, *Baccharis* y *Buddleia* sp.

¹¹ Estudios para el plan maestro de agua potable de la Ciudad de Cañar- Consultora CTOTAL CIA. LTDA



4.2.1.7. Fauna¹²

Los mamíferos identificados en la zona son el lobo de páramo (*Lycalopex culpaeus*), puma (*puma concolor*), venado de cola blanca (*Odocoileus virginianus*), conejo (*Sylvilagus brasiliensis*), y ratón de páramo (*Akodon mollis*). Las aves más comunes en la zona son el cóndor andino (*Vultur griphus*), gavilán de espalda roja (*Buteo polyosoma*), curiquingue (*Phalcoboenus carunculatus*), gaviota andina (*Larus serranus*), lechuza (*Tyto alba*), pato silvestre (*Anas spp.*).

4.2.2. Problemas ambientales que afrontan los páramos de la microcuenca Chacapata–Patococha

Con base en la caracterización biofísica y el acercamiento realizado a los propietarios, dirigentes de las organizaciones y cooperativas ubicados en la zona de estudio; se identificaron aspectos que desde su punto de vista constituyen problemas ambientales que afectan a los recursos naturales de la microcuenca.

¹² Estudios para el plan maestro de agua potable de la Ciudad de Cañar- Consultora CTOTAL CIA. LTDA



Cuadro 4.6. Problemas ambientales en la microcuenca Chacapata

RECURSO	DESCRIPCIÓN	CAUSAS
Agricultura	Por su naturaleza, la agricultura afecta drásticamente al ambiente, en particular al suelo.	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Alteración del ambiente, en especial de la flora y fauna y el recurso suelo. ✓ Eliminación indiscriminada de los bosques nativos. ✓ La quema y el cultivo excesivo e incorrecto. ✓ Erosión causada por la remoción de tierra por los procesos de labranza. ✓ Prácticas agrícolas inapropiadas y la presión que se ejerce en actividades complementarias. ✓ La presión demográfica y la pobreza.
Ganadería	La degradación del suelo se presenta por el uso indiscriminado de bovinos, ovinos y equinos.	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Por el pisoteo sobre el suelo y el consumo de vegetación. ✓ El pastoreo persistente. ✓ Cortan el césped o la capa superficial de raíces, exponiendo el suelo al impacto directo de las aguas lluvias y del escurrimiento. ✓ Por el peso de los bovinos, causando una erosión en masa del suelo. ✓ Uso de fuego para renovación de pasturas. ✓ Cuando se combina con un pastoreo intensivo origina la erosión hídrica y eólica. ✓ Implementación de actividades ganaderas en terrenos de fuerte pendiente.



Infraestructura vial	La construcción de caminos sin tener en cuenta el impacto sobre recursos naturales existentes. Afectarían al paisaje y sobre los que no existe remediación.	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Aperturas de vías de acceso a los predios de las cooperativas. ✓ Deficiente mantenimiento de las vías existentes.
Infraestructura productiva	Los ríos, en su parte alta, tienen buena calidad, sin embargo a medida que se inicia la actividad agrícola y ganadera se incrementa su deterioro. Por otro lado, las fuentes hídricas están contaminadas como resultado de la producción agrícola y pecuaria. De la misma manera la disminución de la oferta hídrica.	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Quema y corte de vegetación nativa. ✓ Sobrepastoreo. ✓ Por el uso de agroquímicos en actividades productivas. ✓ Contaminación por excretas de ganado bovino y equinos. ✓ Eliminación de la cobertura vegetal del páramo y del bosque nativo. ✓ Expansión de la frontera agrícola y pecuaria.

Agricultura

La implementación de los cultivos de papa y pasto, en el área de Tiojicharina hasta la altura de bocatoma Patococha, causan un mayor impacto sobre el páramo con la realización de labores agrícolas, en la que al realizar la preparación del terreno se arranca toda la vegetación, es decir la roturación total del terreno.

De acuerdo a De Bievre et al. (2004) el principal efecto de la labranza en los suelos del páramo es la degradación irreversible de la estructura, como consecuencia de la disminución de la materia orgánica y de ciertos minerales (alófona, imogolita). Esto causa generalmente una disminución de la retención de



agua, aumento de la hidrofobicidad y destrucción de la materia orgánica, dando como resultado una menor regulación del agua (Buytaert et al., 2006)

Las especies más comunes son *Lolium multiflorum* (Raygrass), *Poa annua* (Pasto azul), *Trifolium pratense* (Trébol blanco), las mismas que son sembradas en la zona media de la microcuenca en propiedades privadas. Aproximadamente cada tres meses después de cada corte se realiza un mejoramiento de los potreros, junto con la aplicación de abono (gallinaza); que a su vez causa la contaminación por residuos sólidos y líquidos debido a la utilización indiscriminada de abonos, herbicidas, pesticidas, etc.

Ganadería

La ganadería en los páramos de la microcuenca presenta dos impactos ambientales: los directos, que es el pisoteo sobre el suelo y el consumo de vegetación; e indirectamente es causa de las quemas.

Según De Bievre et al. (2004) la resistencia mecánica de los Andosoles e Histosoles es muy baja, al ser pisados éstos suelos se compactan y pierden así su extraordinaria capacidad de retención de agua.

De acuerdo al Buytaert et al. (2006) el sobrepastoreo deja al suelo sin protección contra el sol. Secándose la parte superficial del suelo en forma irreversible, volviéndose extremadamente vulnerable a la erosión Hídrica y eólica.

La quema de pajonal se registra a lo largo de la microcuenca, esta práctica se realiza para proporcionar brotes frescos y apetecibles para los herbívoros. Según Hofstede. (1998) cuando se quema el pajonal, el fuego no alcanza a toda la vegetación. Después de la quema todo el material muerto desaparece por un proceso de descomposición rápido. Los nutrientes liberados por la quema son rápidamente absorbidos por el suelo y por lo tanto no pueden ser aprovechados



Universidad de Cuenca Facultad de Ciencias Agropecuarias.

por la vegetación nueva; es decir que la vegetación que rebrota no crece más rápido que la vegetación original.

Infraestructura Productiva (embalses)

Este sistema forma la red de generación y de aporte del recurso agua para uso doméstico, principalmente para el Cantón Cañar y agrícola para la Organización de segundo grado TUCAYTA.

Las fuentes, ríos, en su parte alta tienen buena calidad, sin embargo a medida que se inicia la actividad ganadera se va incrementando la contaminación y deterioro. Por otro lado, las fuentes hídricas están contaminadas como resultado de la producción agrícola de los propietarios de los páramos, quienes utilizan agrotóxicos; de la misma forma, las fuentes de agua, también son contaminadas por heces de ganado bovino y equinos.

Infraestructura Vial

El principal problema se ha visto afectado por la presión que ejerce el ser humano sobre el territorio a fin de ampliar sitios de pastoreo. Esto desencadena una serie de demandas de servicios que incrementan la presión al entorno ambiental como son: apertura de nuevas vías, construcción de captaciones y conducciones de agua, eliminación de los elementos naturales que protegen los taludes y laderas, entre otras.

4.2.3. Evaluación de Impactos Ambientales

Todas las actividades desarrolladas por el hombre provocan impactos que pueden ser positivos o negativos, por lo que la valoración de impactos apunta a discriminar entre los distintos factores ambientales en función de sus consecuencias sobre la



Universidad de Cuenca Facultad de Ciencias Agropecuarias.

calidad ambiental. Para la evaluación de los impactos ambientales, se utilizó un método de evaluación cualitativo que está conformado por los siguientes factores ambientales:

- Suelo
- Agua
- Atmosfera
- Flora
- Fauna
- Usos del Suelo
- Estética e Interés Humano
- Cultural
- Actividades Humanas

Las actividades realizadas dentro del área de estudio que provocan impactos sobre los factores ambientales fueron:

Agricultura

- Preparación del suelo: quema, roturación del suelo, arada y cruzada.
- Labores culturales: siembra, abonadura, aporque, controles fitosanitarios
- Cosecha y transporte

Ganadería

- Ganadería extensiva: pastoreo extensivo
- Implementación de pastos: preparación del suelo y siembra de pastos (roturación del suelo)
- Abonadura y pastoreo



- Manejo de pasturas

Infraestructura productiva y vial

- Movimiento de tierras: construcción de embalses, campamento, vías
- Implementación de obras civiles (áridos y cemento)
- Adecuación de taludes
- Operación de embalses (funcionamiento de compuertas, engrasado, pintado, etc.)
- Desazolvamiento
- Protección del entorno natural

De acuerdo al Sarmiento (2008), para valorar los impactos según la magnitud e importancia se consideró el siguiente cuadro.

Cuadro 4.7. Algoritmo para valorar magnitud e importancia

Calificación	MAGNITUD		IMPORTANCIA	
	Intensidad	Afectación	Duración	Influencia
1	Baja	Baja	Temporal	Puntual
2	Baja	Media	Media	Puntual
3	Baja	Alta	Permanente	Puntual
4	Media	Baja	Temporal	Local
5	Media	Media	Media	Local
6	Media	Alta	Permanente	Local
7	Alta	Baja	Temporal	Regional
8	Alta	Media	Media	Regional
9	Alta	Alta	Permanente	Regional
10	Muy Alta	Alta	Permanente	Nacional

Adaptando a la metodología de la matriz de interacción de Leopold, las actividades y acciones que pueden provocar impacto, así como los factores y componentes



ambientales que pueden ser afectados por las actividades realizadas se detallan en el **(Anexo 6)**.

INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

En la matriz de interacción, se encontró que los factores ambientales más afectados por las actividades desarrolladas en la microcuenca Chacapata son: suelo, agua, flora y fauna (Anexo 6).

- **Suelo**

La preparación del suelo como la quema, roturación del suelo, arada, cruzada, entre otros, ha generado un impacto significativo como en la pérdida, calidad y compactación del suelo y en excavación y movimientos de la misma.

- **Agua**

Las actividades preculturales y culturales de la agricultura y ganadería han generado un impacto significativo en la calidad de agua, escurrimiento superficial y en aguas freáticas.

- **Flora y fauna**

La agricultura, ganadería y movimiento de tierras en la infraestructura productiva y vial, han generado un impacto significativo en la eliminación de árboles, eliminación de arbustos y principalmente en la eliminación de microflora y microfauna.



Universidad de Cuenca Facultad de Ciencias Agropecuarias.

Las principales actividades desarrolladas en la microcuenca que afectan al ecosistema son las siguientes:

Agricultura, que ha causado gran presión al ecosistema y destrucción de los recursos naturales. Las actividades que afectan negativamente al ecosistema son: Labores preculturales (quema, roturación del suelo, arada, cruzada); Labores culturales (siembra, abonadura, aporque, controles fitosanitarios); la cosecha y transportación.

Ganadería, las actividades que afectan negativamente al ecosistema son: Ganadería extensiva (pastoreo extensivo); Implementación de pastos (roturación del suelo, siembra de pastos); la abonadura y pastoreo.

En la parte de infraestructura productiva y vial, las actividades principales que afectó negativamente al ecosistema, es el movimiento de tierras en la construcción de embalses, campamentos, apertura de vías y la Implementación de obras civiles (áridos y cemento).

La actividad que se considera benéfica es la protección de entorno natural, en la que ha generado un impacto beneficioso al ecosistema.

Las actividades que aunque no tengan representatividad numérica en la matriz y que presentan riesgos para la calidad ambiental de la microcuenca son: cosecha y transporte, adecuación de taludes y desazolvamiento.



4.3. Propuesta de Manejo Ambiental

En base a los resultados del análisis de cambio de uso del suelo, la realización de la caracterización biofísica con las actividades de la identificación de problemas ambientales y la evaluación de impactos ambientales de la microcuenca Chacapata, se obtuvieron alternativas de solución que consta de varios programas y proyectos que deberían ser puestos en práctica para conservar, proteger, recuperar y restaurar el ecosistema actual.

4.3.1. Objetivos de la Propuesta de Manejo Ambiental

Los objetivos que se plantearon y se persiguen en la Propuesta de Manejo Ambiental son los siguientes:

4.3.1.1. Objetivo General de la Propuesta de Manejo Ambiental

- Formular diversos programas y proyectos que contribuirán a la protección y conservación de las fuentes hídricas de la microcuenca Chacapata-Patococha.

4.3.1.2. Objetivos específicos de la Propuesta de Manejo Ambiental

- Proponer acciones y medidas para restaurar, proteger y conservar los ecosistemas frágiles de la microcuenca.
- Generar conciencia ambiental en los actores sociales en el área de influencia de ecosistemas de páramo frente a actividades agropecuarias desarrolladas, dándole uso compatible al suelo y a los recursos naturales.



4.3.2. Formulación de Programas y Proyectos

Para dar solución a los problemas analizados anteriormente, el Manejo Ambiental propuesto se dividió en dos programas y seis proyectos.

Cuadro 4.8. Programas y Proyectos

PROGRAMAS	PROYECTOS
1. Programa de protección y conservación de los ecosistemas frágiles	Restauración ecológica de los ecosistemas de páramo Restauración y protección de humedales Aislamiento de márgenes de corrientes hídricas Protección Y Mejoramiento de la calidad del agua
2. Programa de coordinación y gestión	Compensación por servicios ambientales Compra de predios en áreas de importancia estratégica



4.3.2.1. Programa de Protección y Conservación de los ecosistemas frágiles

Descripción del Problema

La mayor parte de áreas de páramo y bosque nativo, han sido considerablemente intervenidas por el desarrollo de actividades productivas, situación que atenta contra las especies de flora y fauna presente, la permanencia y mantenimiento de los cuerpos de agua, la fertilidad de los suelos y la estabilidad de los ciclos naturales de estos ecosistemas.

La flora característica de este paisaje principalmente el pajonal de alturas es cada vez más pobre en términos de diversidad debido a la enorme presión ejercida por el hombre y el cambio de uso del suelo, de tal manera que los fragmentos de bosque y vegetación de paramo tienen un riesgo latente de desaparecer, situación equivalente para las poblaciones de fauna silvestre.

Frente a estas circunstancias de deterioro del medio natural el presente programa está compuesto por cuatro proyectos, que buscan mediante su implementación y realización, un uso eficiente y racional del recurso hídrico y de los demás recursos naturales de este ecosistema.

Objetivos:

- Proteger los ecosistemas del páramo de la microcuenca Chacapata, para mantener su estructura y funcionamiento de manera que aseguren la continua prestación de bienes y servicios ambientales.
- Proteger y recuperar los cuerpos y flujos de agua existentes en el área de interés.

Tema: Análisis multitemporal del uso del suelo de la Microcuenca del Río Chacapata - Patococha, en base a fotografías aéreas de los años 1989 y 2000

Autor: Marco Morocho Tenezaca



Universidad de Cuenca Facultad de Ciencias Agropecuarias.

- Recuperar en sitios estratégicos la vegetación nativa original existente en la zona.
- Reducir el impacto provocado por las acciones del ser humano sobre las fuentes hídricas, para garantizar su cantidad y calidad.

4.3.2.1.1. Proyecto de restauración ecológica de los ecosistemas de páramo

Justificación

Un porcentaje importante de su superficie está cubierta por actividades productivas, que corresponden principalmente a pastos para ganadería de bovinos y cultivos de papa, principalmente se ve por encima de los 3400 m.s.n.m, con las consecuencias que esto conlleva en términos de la permanencia de las especies de flora y fauna presentes, el mantenimiento de los flujos hídricos superficiales, la estabilidad del suelo y el desarrollo de procesos ecológicos básicos, sumado al hecho que continuamente se amplía la frontera agropecuaria para establecer nuevas áreas productivas para pastoreo en los márgenes de ríos y quebradas.

Por tal razón, es necesario que en algunas de estas zonas se suspendan las explotaciones agropecuarias y se realice en forma complementaria un proceso de restauración ecológica con especies propias de la región, encaminado a que retomen lo más cercanamente posible a su condición original y recuperen su función ecológica.

Objetivos

- Contribuir al restablecimiento de la cobertura vegetal.
- Conocer las técnicas, métodos y prácticas adecuadas para restaurar cada uno de los ecosistemas nativos de la microcuenca.
- Acelerar los procesos de restauración natural del páramo.

Tema: Análisis multitemporal del uso del suelo de la Microcuenca del Río Chacapata - Patococha, en base a fotografías aéreas de los años 1989 y 2000

Autor: Marco Morocho Tenezaca



Universidad de Cuenca Facultad de Ciencias Agropecuarias.

- Contribuir a la conservación y protección de las fuentes y cauces de agua.

Resultados esperados

- Aumento de la diversidad florística del área y de las poblaciones de fauna asociadas.
- Incremento de la superficie cubierta por paramos y bosques.
- Estabilidad de los regímenes hídricos e incremento del caudal de las corrientes.

Actividades

- Capacitación a los miembros de las cooperativas y propietarios individuales en la importancia de conservar la cobertura vegetal.
- Acuerdos con las cooperativas agrícolas representada por el cabildo y los propietarios individuales para destinar áreas representativas de cada ecosistema a la restauración.
- Definición de la metodología de restauración a implementar y de las especies y tratamientos específicos a utilizar.
- Implementación de medidas factibles para favorecer la regeneración natural y vegetación propia del páramo.
- Producción del material necesario para las actividades de regeneración de vegetales nativos.



4.3.2.1.2. Proyecto de Restauración y protección de humedales

Justificación

Los humedales desempeñan diversas funciones ecológicas relacionadas con el control de inundaciones, la regulación de los flujos hídricos superficiales, el control de la erosión y la retención de sedimentos y nutrientes. Por tal razón, se hace necesario emprender acciones dirigidas a proteger los humedales actualmente existentes en el área y a restaurar en la medida de lo posible aquellos que han sido alterados por el desarrollo de las diversas actividades antrópicas, de tal manera de lograr la recuperación de sus funciones ecológicas, y en especial de las relacionadas con el ciclo hidrológico.

Objetivos

- Identificar y caracterizar los humedales presentes en el área.
- Contribuir a la protección y restauración de los humedales existentes.
- Contribuir a la estabilidad del sistema hídrico local.

Resultados esperados

- Georeferenciación e inventario detallado de los humedales presentes en el área.
- Humedales de mayor importancia aislados.



Actividades

- Ubicación y georeferenciación de humedales existentes.
- Identificación de los humedales que se encuentran en mejor estado de conservación.
- Determinación de las actividades necesarias para la restauración de los humedales degradados.
- Selección de los humedales prioritarios para su recuperación.
- Establecimiento de un protocolo de restauración ecológica para estos humedales.
- Concertación con los propietarios para el desarrollo de las actividades del proyecto.

4.3.2.1.3. Proyecto de Aislamiento de márgenes de corrientes hídricas

Justificación

En algunos sectores las actividades ganaderas, ha sido desarrolla en franjas aledañas a las corrientes hídricas para pastoreo de ganado. Estas prácticas, además de alterar la regulación natural del recurso hídrico, ocasionan su contaminación debido a los excrementos del ganado.

Por tal razón, este proyecto está encaminado a proteger las riberas de los ríos y quebradas que es el principal afluente del recurso agua.

Objetivos

- Proteger las márgenes de ríos y quebradas existentes en el área.
- Contribuir al mejoramiento de la calidad y cantidad de los flujos hídricos superficiales.



Universidad de Cuenca **Facultad de Ciencias Agropecuarias.**

- Recuperar zonas de vegetación que se encuentran a lo largo de los cursos hídricos.

Resultados esperados

- Conservación de las márgenes de las corrientes hídricas.
- Mejoramiento de la cantidad y calidad del agua de los principales ríos y quebradas.
- Aumento de las zonas cubiertas por vegetación forestal protectora nativa.

Actividades

- Priorización de las corrientes que requieren acciones más urgentes, con base en el uso y cobertura del suelo.
- Concertación con los propietarios, con el propósito de coordinar las actividades necesarias para la implementación del proyecto, y específicamente para concertar el área a destinar en el aislamiento.
- Implementación de actividades de aislamiento.
- Forestación con la plantas nativas del lugar a las orillas de los ríos y quebradas.
- Implementación de Prácticas agroforestales.



4.3.2.1.4. Proyecto de Protección y mejoramiento de la calidad del agua.

Justificación

Las actividades que los agricultores realizan como aplicación de productos químicos, lavado de equipos y la acumulación de desechos sólidos causan alteraciones a la calidad del agua. Esto se vuelve más preocupante cuando se usa para el riego y en actividades domésticas, por lo que es necesario controlar las fuentes de contaminación.

Este proyecto tiene como propósito realizar actividades de protección y mejoramiento ambiental que promueva el mejoramiento de las condiciones de vida de los pobladores de la zona, y principalmente a los beneficiarios del Sistema de Riego Patococha de la Organización “TUCAYTA”, reduciendo de esta manera el impacto de la mala calidad y reducida cantidad del agua.

Objetivo

- Controlar las fuentes de contaminación del agua y los vectores de enfermedades para mantener las condiciones higiénicas del agua del tramo del Proyecto de Riego Patococha que sirve para las 15 Comunidades y 4 Cooperativas del Cantón Cañar.

Resultado esperado

- Controlar la eliminación de desechos sólidos y el derrame de agroquímicos, cercano a los ríos y el tramo del Sistema de Riego Patococha que sirve para las 15 Comunidades y 4 Cooperativas pertenecientes al Cantón Cañar.



Actividades

- Capacitación a los agricultores sobre los peligros para la salud, por el mal manejo de agroquímicos y desechos sólidos.
- Programación de giras de observación para identificar las fuentes de contaminación de los ríos y el canal de riego.

4.3.2.2. Programa de Coordinación y Gestión

Descripción del Problema

La mayor parte del área de estudio están cubiertas por páramos (natural e intervenido) y vegetación arbustiva, las cuales aún muestran en algunos sectores buen estado de conservación; estas manchas de vegetación albergan especies de fauna y flora de gran valor biológico, se encargan de captar el agua presente en el ambiente y regular su flujo, y protegen los suelos, sin descontar sus demás funciones ambientales. Sin embargo, la permanencia de estos ecosistemas se ve amenazada por las actividades antrópicas. En donde se ha atentado contra la flora y fauna del lugar, también contra la calidad, permanencia y mantenimiento del recurso hídrico allí presente.

Objetivos

- Promover la cooperación interinstitucional, organizacional y comunitaria.
- Reconocer las iniciativas de conservación y protección de coberturas vegetales nativas.
- Adquirir predios de importancia ambiental prioritarios para mantener la oferta hídrica.



- Establecer medidas especiales de protección para ecosistemas de importancia a nivel local y regional.

4.3.2.2.1. Proyecto de Compensación por servicios ambientales

Justificación

Existen algunas superficies de vegetación que se encuentran permanecidos sin mayores alteraciones, esto se debe en parte a situaciones de abandono temporal de los predios por parte de sus propietarios, o a la existencia de grandes latifundios donde es posible destinar ciertos sectores para la conservación. En el caso de los minifundios, es virtualmente imposible que los propietarios dejen siquiera un pequeño espacio de su territorio para el mantenimiento de la cobertura vegetal debido a la necesidad de utilizar la mayor parte de la tierra productiva.

Bajo estas circunstancias, este proyecto está encaminado a diseñar e implementar una estrategia de compensación de pago por servicios ambientales a los propietarios privados que se ubican al interior del área, con el propósito que mantengan la cobertura vegetal actualmente existente y no eliminen la vegetación para establecer actividades productivas.

Objetivos

- Diseñar e implementar un mecanismo de pago por servicios ambientales a favor de los propietarios que mantienen zonas de páramo o bosques en sus predios.
- Sensibilizar a propietarios sobre la prioridad en mantener la cobertura vegetal de la región y a cambio compensarle con un apoyo económico.



Universidad de Cuenca Facultad de Ciencias Agropecuarias.

- Estimular la cultura de la no intervención de las zonas de páramo, mediante incentivos de tipo fiscal o económico, para quienes por alguna razón no desean vender sus terrenos o simplemente desean conservar zonas estratégicas.

Resultados esperados

- Proyecto de pago por servicios ambientales en funcionamiento.
- Propietarios de predios al interior del área recibiendo compensación por la conservación de páramos y bosques.
- Valores naturales del área conservados.

Actividades

- Identificación de las entidades que hacen uso de los bienes y servicios ambientales del área, y valoración económica de los mismos.
- Identificación de los propietarios que harán parte del proyecto y desarrollo de reuniones informativas y de coordinación.
- Realización de reuniones de concertación con los beneficiarios para definir las estrategias específicas de pago.
- Identificación de Organizaciones (Cooperativas) que realizan donaciones para la conservación de páramos y preparación de proyectos para acceder a ellas.
- Suscripción de acuerdos con los propietarios para asegurar el mantenimiento de la cobertura protectora.



4.3.2.2.2. Proyecto de Compra de predios en áreas de importancia estratégica

Justificación

Existen algunos predios de las cooperativas que ya han sido adquiridos por parte de la Organización “TUCAYTA¹³”, y el gobierno local. Debido a la importancia estratégica de algunos de estos predios es necesario que se adelanten las gestiones necesarias para que las entidades territoriales con jurisdicción adquieran para asegurar el abastecimiento del recurso hídrico.

Objetivos

- Garantizar el mantenimiento de la cobertura vegetal nativa presente en el área.
- Lograr la adquisición para el gobierno local y Organización, los predios de mayor importancia ecológica e hidrológica.
- Comprar predios en los nacimientos de ríos y quebradas que son fuentes abastecedoras en la región.

Resultados esperados

- Los predios de importancia estratégica estarán en manos de instituciones públicas o de entidades privadas interesadas en la conservación.
- Los ecosistemas de páramo de mayor interés ecológico estarán conservados en forma permanente.
- Provisión de agua para el riego y para el consumo humano estará asegurada.

¹³ “TUCAYTA” Corporación de organizaciones campesinas e indígenas Cañaris, Organización Parroquial de segundo grado.



Actividades

- Identificación y priorización de predios para la compra.
- Reuniones de concertación con las entidades territoriales y el gobierno local y organización, para seleccionar los posibles predios a adquirir.
- Realización de avalúos catastrales y estudios de títulos de los predios priorizados.
- Definición de los recursos financieros disponibles por parte de los diferentes actores involucrados.



V. CONCLUSIONES

De acuerdo a los objetivos, la pregunta suscitada y en base a la metodología planteada, se puede llegar a las siguientes conclusiones:

- El uso de fotografías aéreas, registradas en diferentes épocas fue capaz de analizar los cambios de uso del suelo en un nivel aceptable.
- En el área estudiada los cambios más significativos fue la disminución de páramo entre el año 1989 y 2000, y un aumento de áreas con vegetación arbustiva, ya sea por la regeneración natural o a partir de la agricultura tradicional que destina como áreas de descanso o barbecho.
- Con la realización de la matriz de Dinámica de cambios se determinó que las coberturas de páramo, cuerpos de agua, vegetación arbustiva y bosque natural, se conserva en el mismo tipo de cobertura vegetal, esto se debe a que estas categorías no han cambiado hacia otra en cantidades significativas en el periodo 1989-2000.
- Las actividades de la agricultura, ganadería, y el movimiento de tierras en la construcción de infraestructura productiva y vial, son las principales causas de la degradación de la microcuenca Chacapata.
- La disminución de los caudales de agua que mantienen al sistema de riego Patococha y consumo humano del Cantón Cañar, se debe al uso indebido del suelo, agricultura, ganadería extensiva, infraestructura vial.
- Mediante la realización de Análisis Multitemporal del Uso del Suelo, la determinación de Problemas ambientales y la Evaluación de Impactos



Universidad de Cuenca **Facultad de Ciencias Agropecuarias.**

Ambientales se pudo construir la Propuesta de Manejo Ambiental que permita el manejo y conservación de los recursos naturales de la microcuenca Chacapata-Patococha.



VI. RECOMENDACIONES

- Realizar estudios multitemporales, con mayor frecuencia de periodos para estimar una mayor evolución de la microcuenca.
- Propiciar el involucramiento de las instituciones públicas y privadas para impulsar y aumentar los alcances que pueda tener la aplicación de la propuesta de manejo ambiental.
- Coordinar planes conjuntamente con el Municipio de Cañar y las Cooperativas Agropecuarias, situación necesaria para ejecutar un plan a nivel de microcuenca.
- El Municipio de Cantón Cañar, entidad bajo cuya jurisdicción se encuentran los páramos de este estudio, debe considerar la existencia de las Declaratorias de áreas protegidas, y hacer cumplir sus ordenanzas para la protección de este importante ecosistema, evitando que la frontera agropecuaria siga avanzando hacia las zonas más altas.



VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Buytaert, W.; J. Céleri.; B. De Bièvre y F. Cisneros. 2006. *Hidrología del páramo andino: propiedades, importancia y vulnerabilidad*.

CAMAREN. “Programa de capacitación a promotores/as campesinos”. Quito, Ecuador (2002)

Cisneros I.; Chontasi, R.; Morales, C. “Plan de manejo ambiental”, CAMAREN. Quito, Ecuador (2000).

Challenger A. *Estrategias para la conservación de los ecosistemas*. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. Quito. 2003.

Chuvieco, E. 1990. *Fundamentos de teledetección espacial*. Madrid, Rialp. 429 p.

Chuvieco, E. 2002. *Teledetección Ambiental La observación de la Tierra desde el espacio*. Ariel Ciencia. Barcelona – España.

Chuvieco, E. 2010. *Teledetección Ambiental La observación de la Tierra desde el espacio*. Ariel Ciencia. Nueva edición actualizada. Barcelona - España.

De Bièvre, B. 2004. *Efectos de la cobertura vegetal en Microcuencas de páramo*. Departamento de Investigación de la Universidad de Cuenca.

Gómez Orea Domingo. *Evaluación de Impacto Ambiental*. Segunda edición. Barcelona. Ediciones Mundi-Prensa. 1997.

Hofstede, R; J. Lips; W. Jongsma e Y. Sevink. 1998. *Geografía ecología y forestación en la sierra alta del Ecuador*. Ediciones Abya Yala. Quito, Ecuador.

Tema: Análisis multitemporal del uso del suelo de la Microcuenca del Río Chacapata - Patococha, en base a fotografías aéreas de los años 1989 y 2000

Autor: Marco Morocho Tenezaca



Lerma, J. 2002. *Fotogrametría Moderna: Analítica y Digital*. Editorial Universidad Politécnica de Valencia. España.

Linder, W. 2009. *Digital Photogrammetry*. Third Edition. Universitat Dusseldorf. Germany.

Pérez, J. 2013. *Fotografía aérea y fotointerpretación*. Consultado el 30 de julio de 2013. Disponible en: <http://www.slideshare.net/geolovic/fotografa-area-y-fotointerpretacion>

Polanco, M. 2006. *Fotointerpretación y mapificación*. Colombia. Primera Edición. Universidad Nacional Abierta y a Distancia. Consultado el 30 de julio de 2013. Disponible en: http://www.slideshare.net/DARIO_PAEZ/fotointerpretacion

Ramakrishna, B.1997. *Estrategia de extensión para el Manejo Integrado de Cuencas Hidrográficas: Conceptos y experiencias*. Proyecto IICA/GTZ sobre agricultura, recursos naturales y desarrollo sostenible. San José, Costa Rica. 319 p.

Spurr, Stephen. *La fotografía aérea*. EN: Unasylva, las reservas forestales del mundo. Washington, D.C.: FAO, 1948. Consultado el 29 de julio de 2013. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/x5345s07.htm#TopOfPage>

Verdugo, G. 2008. *“Gestión Participativa Sustentable de los Páramos de Patococha – TUCAYTA – CAÑAR”*. (Tesis de Magister, Universidad de Cuenca).



Universidad de Cuenca Facultad de Ciencias Agropecuarias.

Sarmiento, L. 2008. Consultor. *Estudio y diseño de la Presa-Embalse de la Quebrada Sigsihwayco del sistema de riego Patococha del Cantón y Provincia del Cañar.*

Unidad de Gestión Ambiental – UGA. (2011). *Estudio de actualización de la información catastral de los páramos de la Microcuenca Chacapata del cantón Cañar.*

CTOTAL CONSULTORÍA Cía. Ltda. (2011). *Estudios para el plan maestro de agua potable de la Ciudad de Cañar.*



REFERENCIAS WEB

<http://www.fotosuy.com/index.php/ortorectificacion>

<http://cartomap.cl/utfsm/Texto-Topografía/Cap%2009%20Ortofoto.pdf>

http://www.bosquesandinos.info/ECOBONA/documentos/actualizacion_plan_archi_dona/unir/Metodologia%20Cobertura%20Vegetal.pdf

<http://www.fao.org>

http://redgeomatica.rediris.es/manuales/ERDAS_IMAGE/14_MOS.pdf

http://redgeomatica.rediris.es/manuales/ERDAS_IMAGE/12_ORT.pdf

<http://www.gabrielortiz.com/index.asp?Info=054>

<http://www.comprasresponsables.org/adjuntos/Matriz-de-Leopold.pdf>

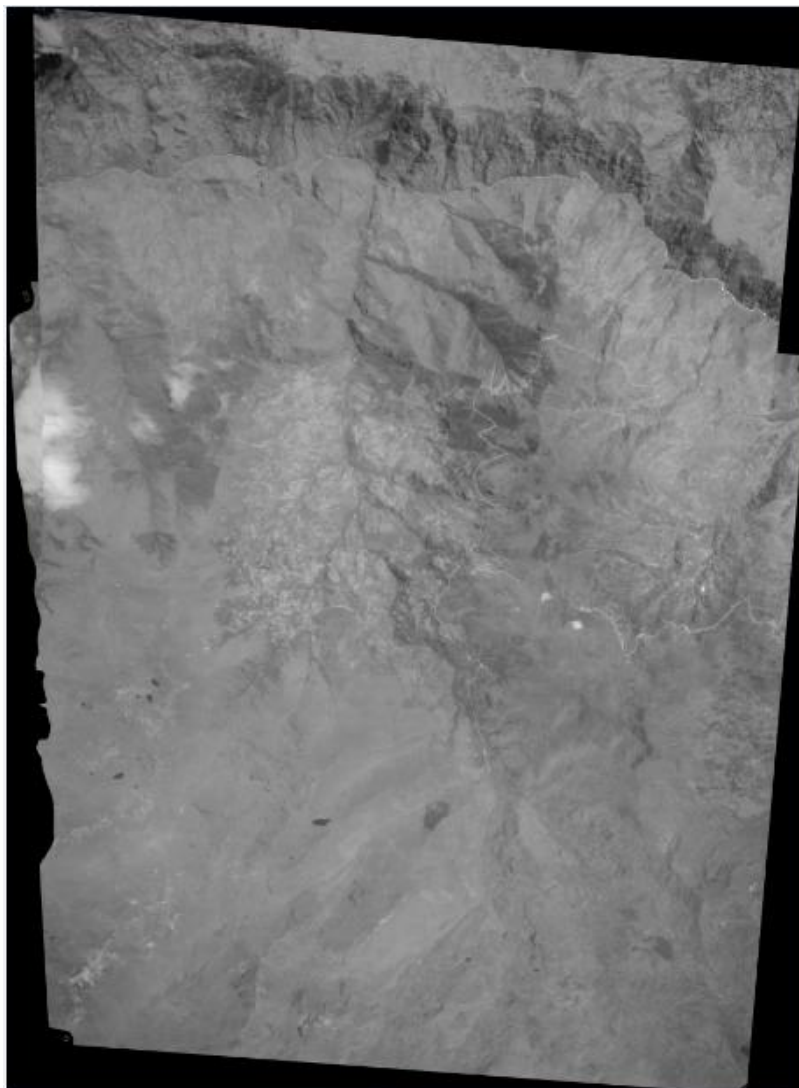
<http://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/6830/04LagI04de09.pdf>



VIII. ANEXOS

Anexo 1. Mosaico de las fotografías aéreas

Anexo 1.1. Ortofotomosaico del año 1989

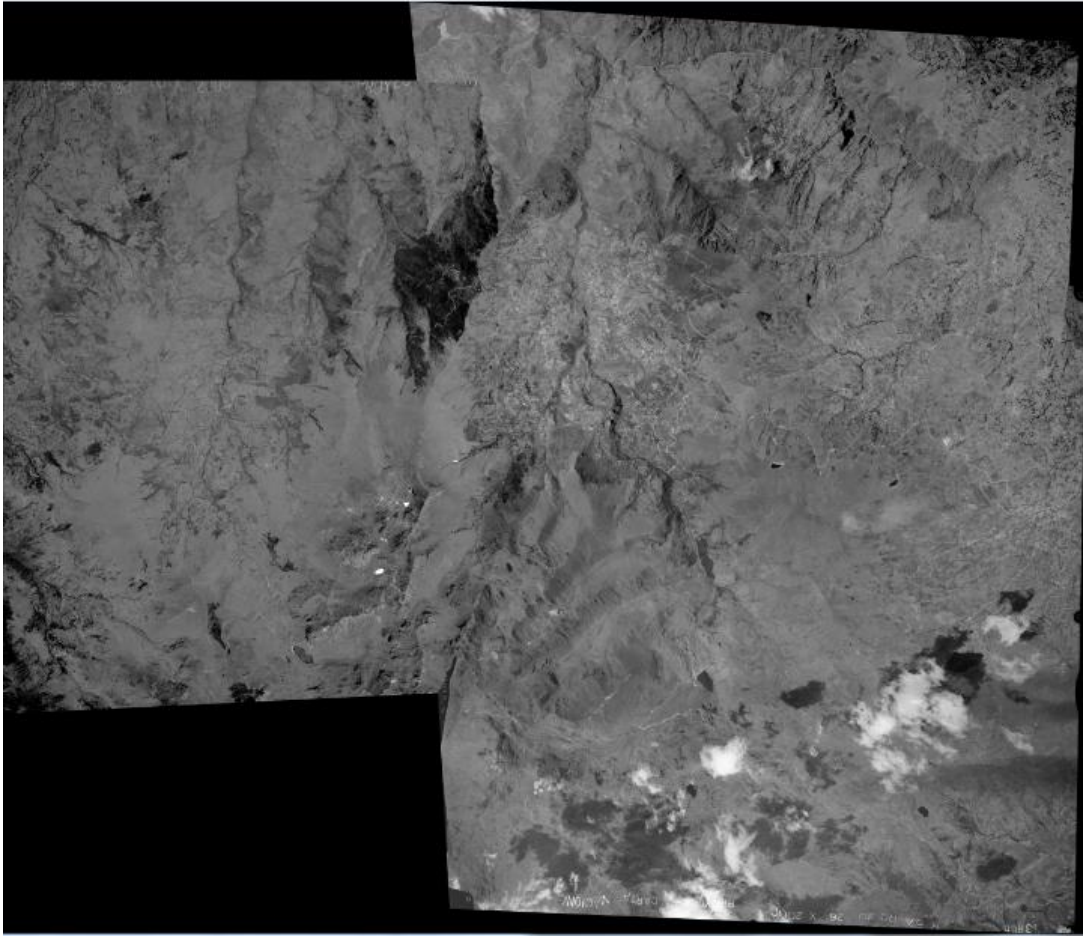




Universidad de Cuenca

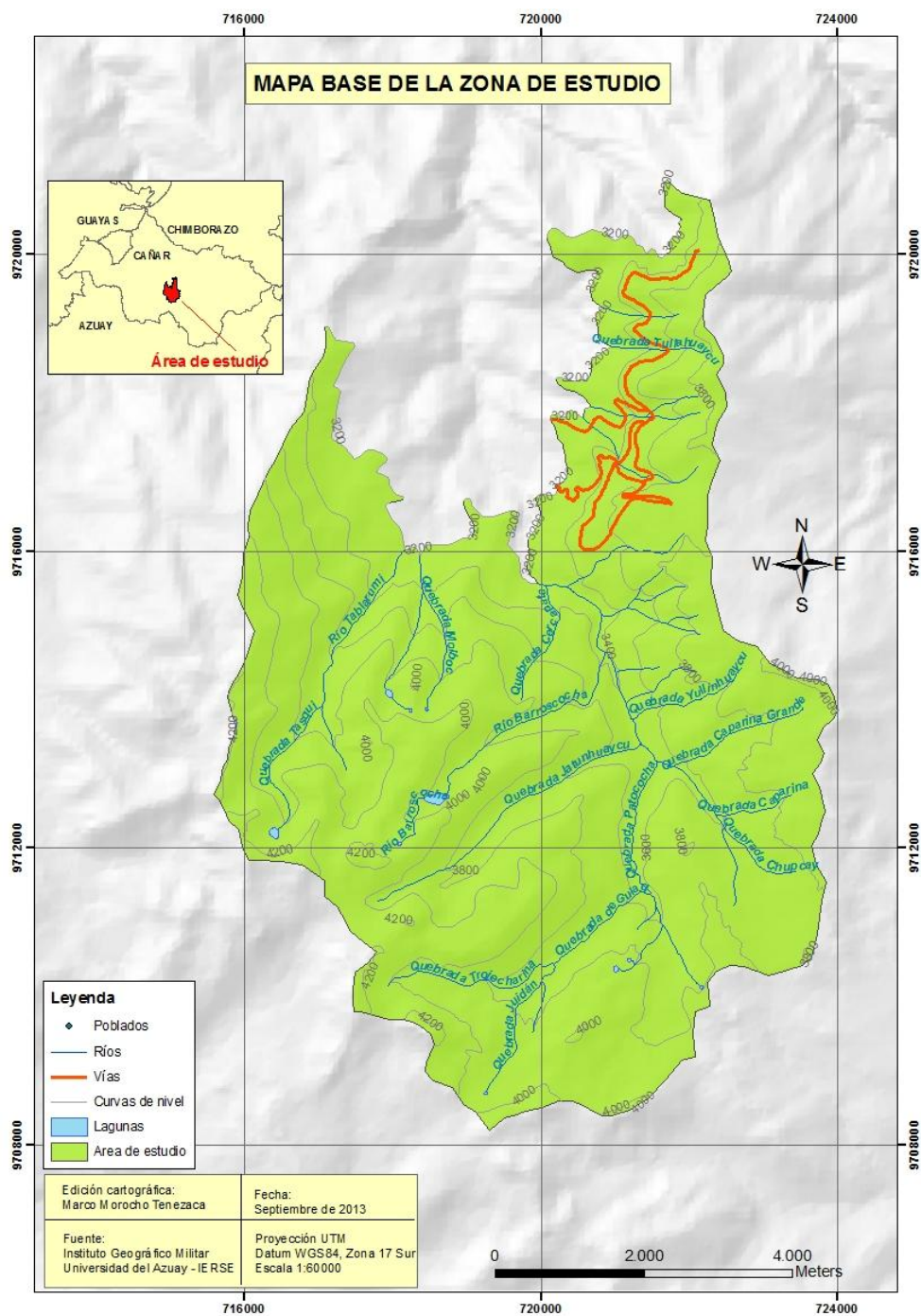
Facultad de Ciencias Agropecuarias.

Anexo 1.2. Ortofotomosaico del año 2000





Anexo 2. Mapa base del área de estudio



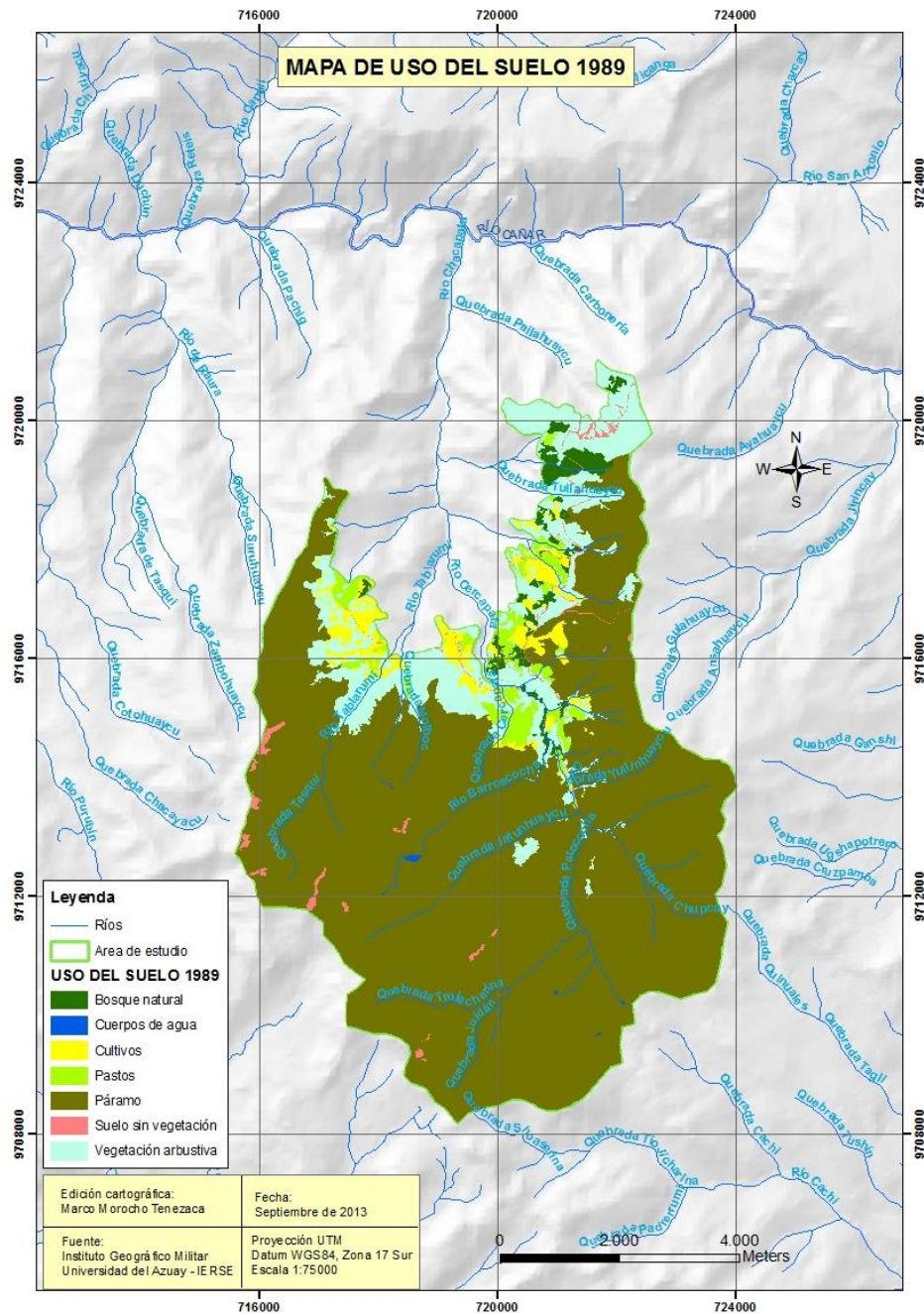


Universidad de Cuenca

Facultad de Ciencias Agropecuarias.

Anexo 3. Mapas de Uso del Suelo

Anexo 3.1. Mapa de Uso del Suelo año1989

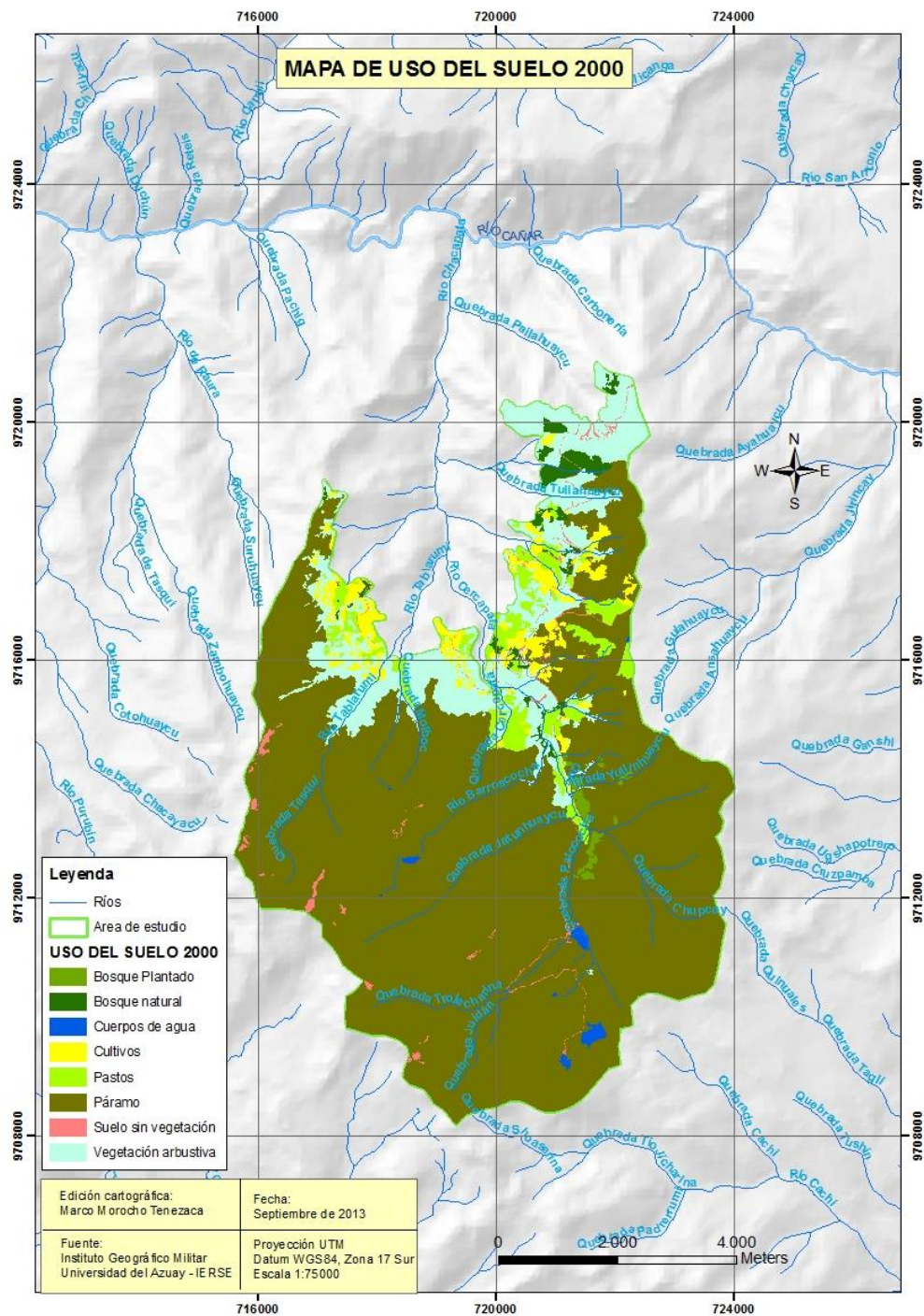


Tema: Análisis multitemporal del uso del suelo de la Microcuenca del Río Chacapatá - Patococha, en base a fotografías aéreas de los años 1989 y 2000

Autor: Marco Morocho Tenezaca



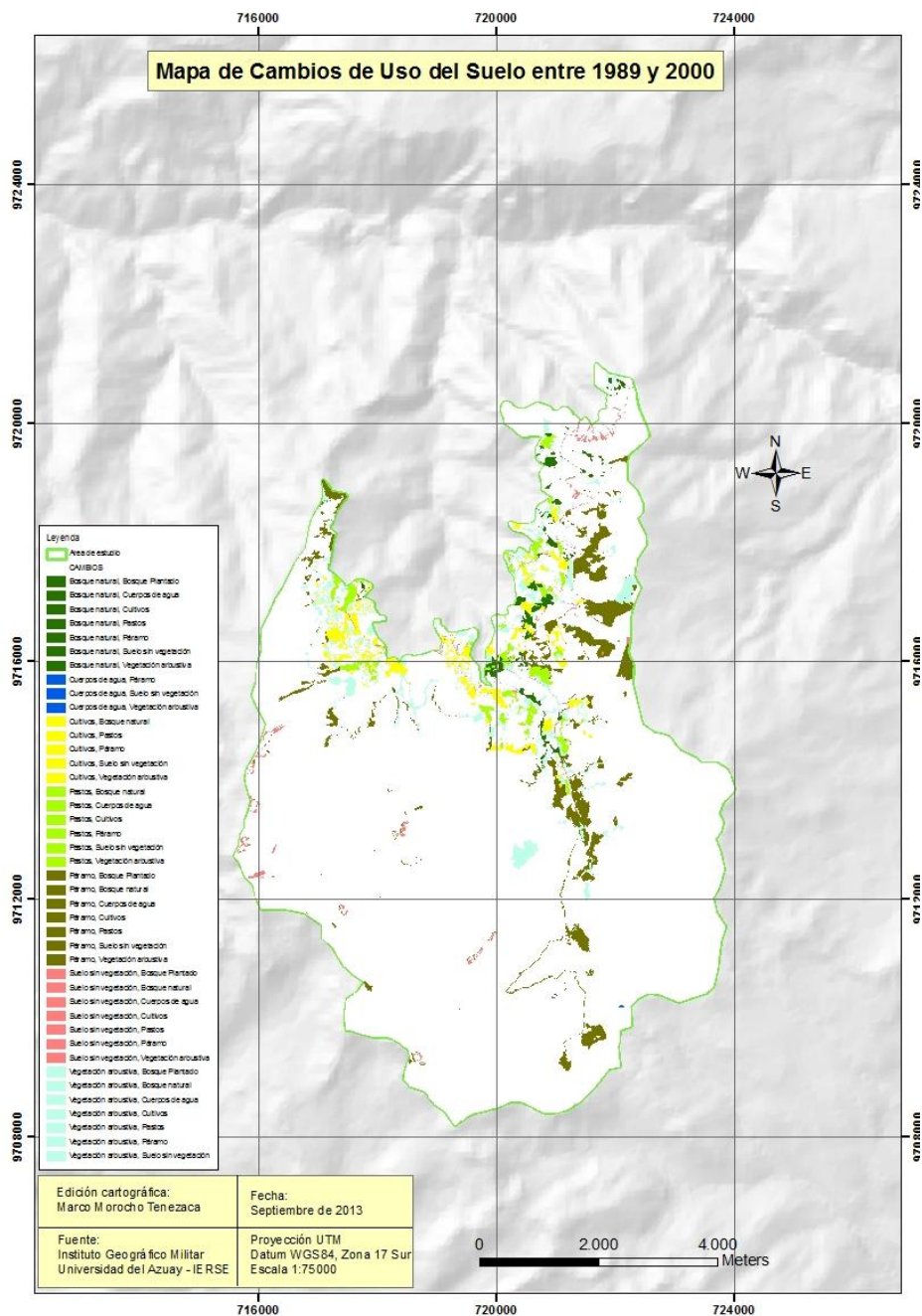
Anexo 3. 2. Mapa de Uso del Suelo año 2000





Anexo 4. Mapas de Cambio y Conservación de uso del suelo

Anexo 4.1. Mapa de Cambios de Uso del suelo entre 1989 y 2000

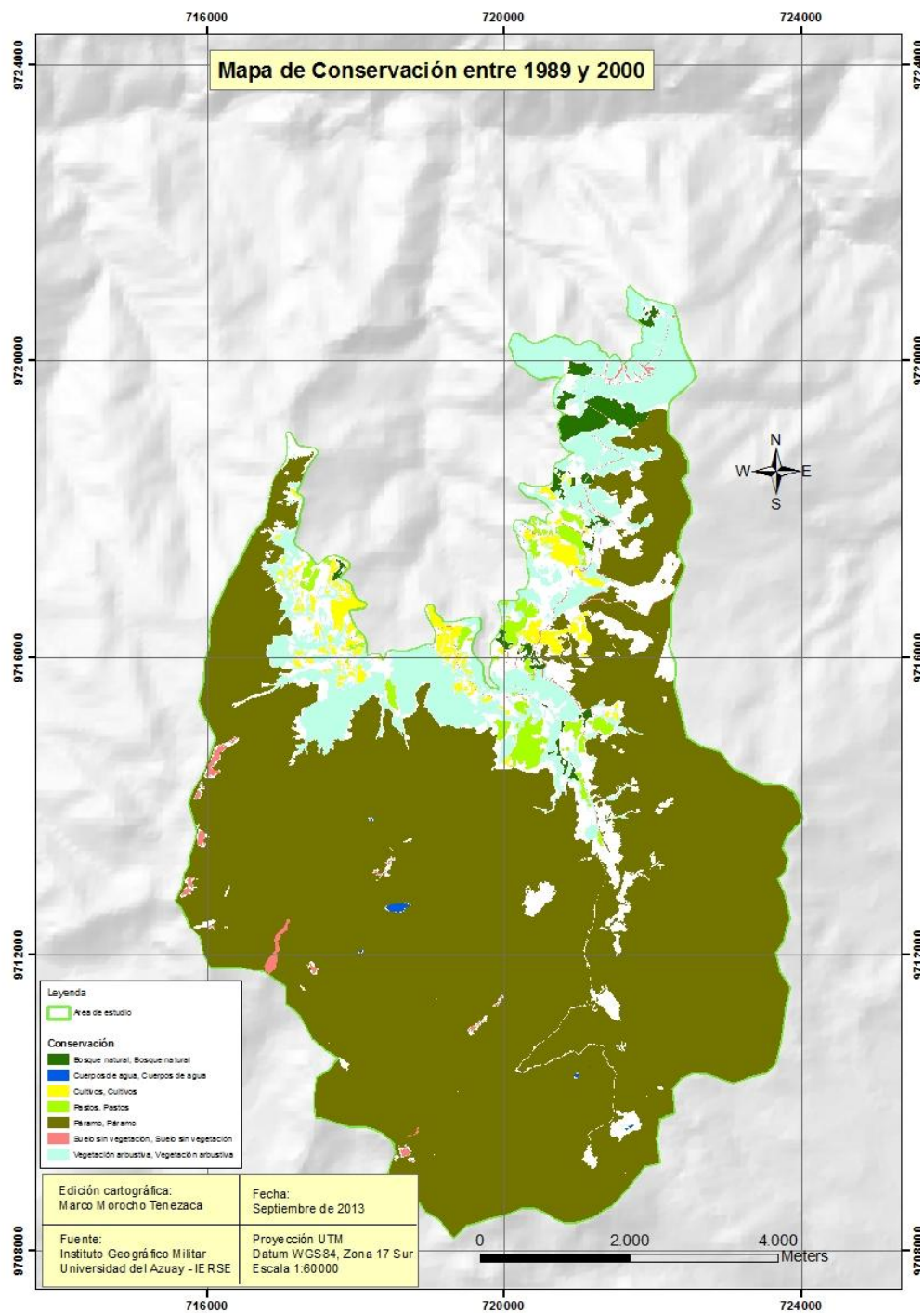




Universidad de Cuenca

Facultad de Ciencias Agropecuarias.

Anexo 4.2. Mapa de Conservación entre 1989 y 2000



Tema: Análisis multitemporal del uso del suelo de la Microcuenca del Río Chacapata - Patococha, en base a fotografías aéreas de los años 1989 y 2000
Autor: Marco Morocho Tenezaca



Anexo 5. Formulario de la Entrevista

FORMULARIO DE ENTREVISTA PARA LOS HABITANTES Y PROPIETARIOS DE LOS PREDIOS DE LA MICROCUENCA DEL RÍO “CHACAPATA – PATOCOCHA” SOBRE EL USO DEL SUELO

Nombre del entrevistado:

Fecha:

Comunidad:

Edad:

Ubicación geográfica (coordenadas).

1. ¿Cuáles son las principales actividades a las que se dedica?

Agricultura.....

Ganadería.....

Artesanía.....

Albañilería.....

Jornalero.....

Otros.....

2. ¿Cuál es el uso del suelo en la actualidad?

Cultivos

Pastos

Bosque natural

Bosque plantado

Páramos

Vegetación arbustiva

Urbanos

Otros

Tema: Análisis multitemporal del uso del suelo de la Microcuenca del Río Chacapata - Patococha,
en base a fotografías aéreas de los años 1989 y 2000

Autor: Marco Morocho Tenezaca



3. ¿Puede contarnos cuál era el uso del suelo hace 10 y 20 años atrás?
Hace 10 años -----
Hace 20 años -----
4. ¿Cómo ve el cambio del uso del suelo en relación a 20 años atrás?
Bueno ____ Malo ____ Regular ____ . (Porqué) _____
5. ¿Puede contarnos cómo era el bosque y páramos hace 20 años?
6. ¿El bosque y páramo afecta de alguna manera negativa a la comunidad?
7. ¿Considera usted que como habitante o dueño del predio es importante aprender sobre el valor que tiene el bosque y páramo?
Si____ No____ ¿Por qué?
8. ¿Ha recibido información acerca de la importancia de conservar los bosques y páramos anteriormente?

Observaciones



Anexo 6. Matriz de Evaluación de Impactos Ambientales

		MATRIZ DE INTERACCIONES ENTRE ACTIVIDADES REALIZADAS Y COMPONENTES AMBIENTALES																
		ACTIVIDADES REALIZADAS EN LA MICROCUENCA CHACAPATA - PATOCOCHA																
				AGRICULTURA			GANADERÍA			INFRAESTRUCTURA PRODUCTIVA Y VIAL					VALORACION			
Preparación del suelo: Quema, roturación del suelo, arada, cruzada.	Labores culturales: siembra, abonadura, aporque, controles fitosanitarios			Cosecha y transporte	Ganadería extensiva: Pastoreo extensivo	Implementación de pastos: preparación del suelo y siembra de pastos (roturación del suelo)	Abonadura y pastoreo	Manejo de pasturas	Movimiento de tierras: Construcción de Embalses, campamento, vías	Implementación de obras civiles (áridos y cemento)	Adecuación de taludes	Operación de embalses (funcionamiento de compuertas, engrasado, pintado, etc.)	Desazolvamiento	Protección del entorno natural	NEGATIVOS	POSITIVOS	TOTAL	
CARACTERÍSTICAS Y CONDICIONES AMBIENTALES EXISTENTES	FÍSICO	SUELO	Pérdida de suelo	-6	-7	-3	-6	-4	-3	-10	-7	-6	-1	-4	8	10	2	-151
			Calidad	-7	-8	-3	-5	-3	-3	-1	-3	-1	-1	-3	11	1	-119	
			Compactación	-7	-7	-2	-10	-3	-3	-9	-6	-2	-2	-2	12	0	-289	
			Relieve												0	0	0	
			Generación de polvo							-5	-7	-3	-1		3	0	-29	
			Excavación y Movimiento de tierras	-7	-2	-6	-2	-10	-1	-8	-7	-6	-6	-6	12	0	-163	
		AGUA	Calidad	-3	-7	-5	-8	-8	-5	-7	-5	-5	-5	11	2	-173		
			Escorrentimiento Superficial	-7	-9	-6	-6	-7	-7	-6	-6	-5	-1	11	2	-236		
			Aguas freáticas	-2	-6	-4	-7	-6	-7	-6	-6	-4	-1	11	2	-150		
		ATMOSFERA	Olores	-1	-1	-1	-1	-8	-1	-7	-3	-2	-1	10	0	-64		
			Gases											0	0	0		
			Ruido	-2	-1	-1	-1	-1	-1	-7	-7	-5	-4	11	0	-80		
			Sólidos Sedimentables	-3	1	1	1	1	1	4	3	3	1	0	0	0		
	BIOLOGICOS	FLORA	Eliminación de Árboles	-6	-1	-1	-2	-6	-1	-7	-3	-3		10	0	-90		
			Eliminación de Arbustos	-2	-1	-1	-4	-8	-1	-7	-7	-3	-4		10	0	-97	
			Eliminación de Microflora	-8	-9	-4	-5	-10	-1	-8	-6	-6	-6	11	0	-344		
		FAUNA	Aves	-3	-5	-2	-1	-3	-3	-3	-2	-3	-1	-1	11	1	6	
			Animales terrestres	-5	-1	-1	-1	-1	-1	-4	-3	-1	-1	-1	11	1	0	
			Microfauna	-10	-9	-6	-3	-10	-6	-7	-7	-6	-5	-7	12	1	-333	
			Vectores de enfermedades	-4	-6	-1	-6	-1	-7	-1	-1	-1	-1		10	0	-83	
		USOS DEL SUELO	Pastizales	-1	-4	-1	-6	-4	-9	-6	-5				6	4	28	
			Agricultura	8	7	-1	-2	-3	-3	-4	-5				5	5	70	
			Residencial/Comercial	-7	-5	-1	-7	-10	-3	-6	-7	-7	-1		10	0	0	
	SOCIO-ECONOMICAS	ESTETICA E INTERE HUMANO	Paisaje y Panorama	-6	-3	-1	-6	-6	-3	-9	-6	-1		10	1	-224		
			Calidad de espacios abiertos											0	0	0		
			Lugares y actividades de recreación											0	1	40		
			Salud y seguridad	-1	-5	-3	-4	-7	-3	-1	-2		5	8	3	0		
		CULTURAL	Empleo	4	6	-4	2	3	5	7	8	6	5	0	12	106		
			Patrones culturales	1	1	-4		2	1	4	4	2	6		0	0	0	
			Sistema de transporte												0	0	0	
		ACTIVIDADES HUMANAS	Infraestructura pública												0	0	0	
			Ingres fiscal, mun. y particulares												0	0	0	
			Relaciones Sociales	-8	-6	-4	-9	-8	-5	-6	8	5	4	5	7	5	-122	
Servicios públicos														0	0	0		
POSITIVO			2	2	2	1	1	4	3	2	2	2	2	5	15			
NEGATIVOS		19	20	20	20	21	18	19	21	21	17	8	7	2				
TOTAL	-476	-302	-113	-408	-394	-172	-222	-560	-238	-108	26	-8	557					



Universidad de Cuenca

Facultad de Ciencias Agropecuarias.

Anexo fotográfico dela Microcuenca Chacapata-Patococha



Foto N.1. Área de estudio



Universidad de Cuenca

Facultad de Ciencias Agropecuarias.



Foto N.2. Pastos



Universidad de Cuenca

Facultad de Ciencias Agropecuarias.

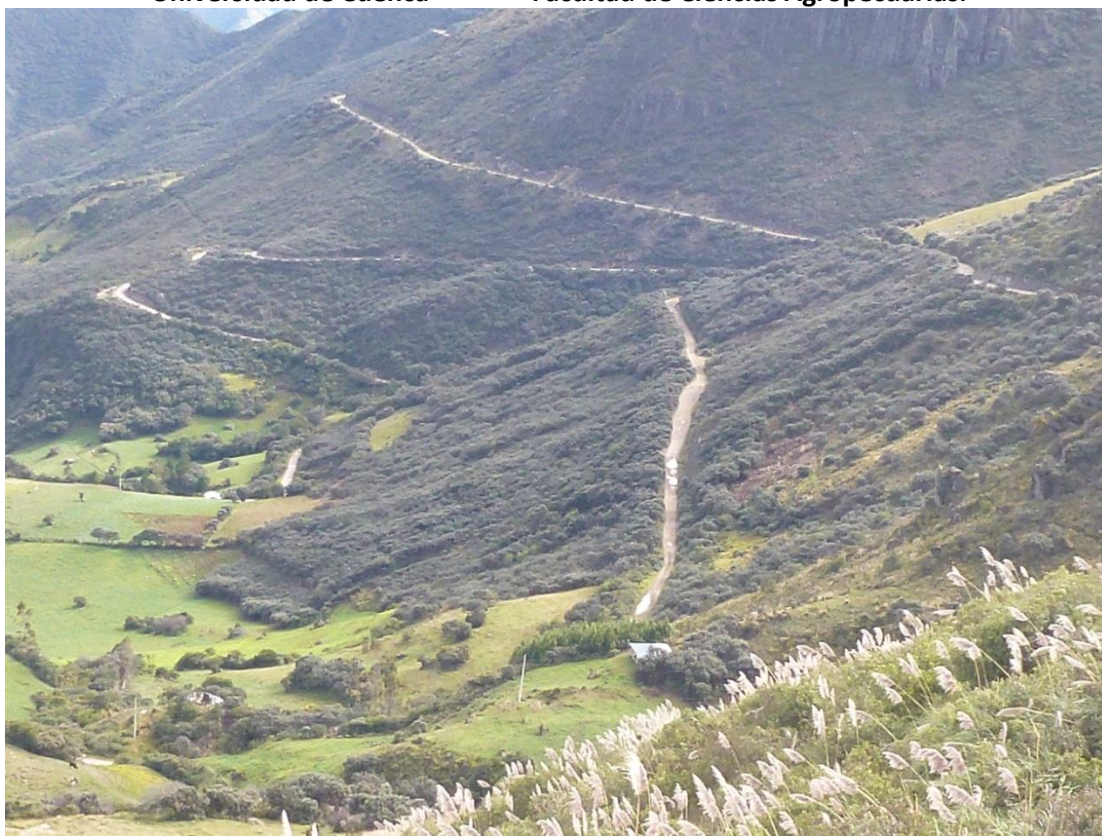


Foto N.3. Infraestructura vial y vegetación nativa



Universidad de Cuenca

Facultad de Ciencias Agropecuarias.



Foto N.4. Cultivos



Foto N.5. Cultivos en laderas



Universidad de Cuenca

Facultad de Ciencias Agropecuarias.



Foto N.6. Cuerpos de Agua-Embalses



Universidad de Cuenca

Facultad de Ciencias Agropecuarias.



Foto N.7. Bosque plantado